Macro-commande CALC_ESSAI_GEOMECA

1 But

Cette macro-commande permet de simuler pour un point matériel différents trajets de chargement caractéristiques d'essais géomécaniques, et de post-traiter les résultats obtenus. L'utilisateur fournit en entrée le comportement, le matériau, ainsi que des listes de paramètres de chargement qui correspondent à plusieurs occurrences d'un même essai. Les essais disponibles sont les suivant :

- essai triaxial monotone drainé
- essai triaxial monotone non drainé
- essai de cisaillement cyclique drainé
- essai triaxial cyclique non drainé
- essai triaxial cyclique drainé alterné
- essai triaxial cyclique drainé non alterné
- essai oedométrique cyclique drainé
- essai de compression isotrope cyclique drainé

Produit des courbes au format xmgrace et/ou des structures de données `table`.

Table des Matières

2 Syntaxe

```
CALC_ESSAI_GEOMECA(

♦    MATER        = mat ,                                [ mater ]
♦    COMPORTEMENT= _F( voir le document [U4.51.11] ),
◊    CONVERGENCE = _F( voir le document [U4.51. 03 ] ),
```

Essai triaxial monotone drainé (TD)

```
♦   |    ESSAI_TD = _F (

          ♦ PRES_CONF    = l_pconf,                     [l_R]
          ♦  EPSI_IMPOSE = l_epsimpo,                   [l_R]
          ◊  KZERO       = / 1.,                        [DEFAUT]
                          / kzero,                      [R]
          ◊  NB_INST     = / 100,                       [DEFAUT]
                          / nbinst,                     [I]
          ◊  TABLE_RESU  = l_tabres,                    [l_CO]
          ◊  GRAPHIQUE   = / ('P-Q','EPS_AXI-Q',
                             'EPS_AXI-EPS_VOL',
                                'P-EPS_VOL'),           [DEFAUT]
                          / l_typgraph,                 [l_Kn]
          ◊  TABLE_REF   = l_tabref,                   [l_table]

                    ),
```

Essai triaxial monotone non drainé (TND)

```
    |    ESSAI_TND = _F (

          ♦ PRES_CONF   = l_pconf,                      [l_R]
          ♦  EPSI_IMPOSE = l_epsimpo,                   [l_R]
          ◊  BIOT_COEF   = / 1.,                        [DEFAUT]
                          / biot,                       [R]
          ◊  KZERO       = / 1.,                        [DEFAUT]
                          / kzero,                      [R]
          ◊  NB_INST     = / 100,                       [DEFAUT]
                          / nbinst,                     [I]
          ◊  TABLE_RESU  = l_tabres,                    [l_CO]
          ◊  GRAPHIQUE   = / ('P-Q','EPS_AXI-Q',
                             'EPS_AXI-PRE_EAU'),        [DEFAUT]
                          / l_typgraph,                 [l_Kn]
          ◊  TABLE_REF   = l_tabref,                   [l_table]

                    ),
```

Essai de cisaillement cyclique drainé (CISA_C)

```
    |    ESSAI_ CISA_C = _F (

          ♦ PRES_CONF   = l_pconf,                      [l_R]
          ♦  GAMMA_IMPOSE = l_disimpo,                  [l_R]
          ♦  NB_CYCLE    = nbcyc,                       [I]
          ◊  GAMMA_ELAS   = / 1.E-7 ,                   [DEFAUT]
                          / diselas,                    [R]
          ◊  KZERO       = / 1.,                        [DEFAUT]
                          / kzero,                      [R]
```

```
        ◊  NB_INST      = / 25 ,                    [DEFAUT]
                          / nbinst,                 [I]
        ◊  TABLE_RESU   = l_tabres,                 [l_CO]
        ◊  GRAPHIQUE    = / (' GAMMA-SIGXY ','G-D',
                            'GAMMA-G','GAMMA-D'),   [DEFAUT]
                          / l_typgraph,             [l_Kn]
        ◊  TABLE_REF    = l_tabref,                 [l_table]

                ),
```

Essai triaxial cyclique non drainé (TND_C)

```
    |   ESSAI_ TND_C = _F (

        ♦  PRES_CONF    = l_pconf,                  [l_R]
        ♦  SIGM _IMPOSE = l_ sig impo,              [l_R]
        ♦  NB_CYCLE     = nbcyc,                    [I]
        ♦  UN_SUR_K     = unsurk ,                  [R]
        ◊  RU_MAX       = / 0.8,                    [DEFAUT]
                          / ru max,                 [R]
        ◊  KZERO        = / 1.,                     [DEFAUT]
                          / kzero,                  [R]
        ◊  BIOT_COEF    = / 1.,                     [DEFAUT]
                          / biot,                   [R]
        ◊  NB_INST      = / 25 ,                    [DEFAUT]
                          / nbinst,                 [I]
        ◊  TABLE_RESU   = l_tabres,                 [l_CO]
        ◊  GRAPHIQUE    = / ('P-Q','SIG_AXI-PRE_EAU',
                            ' EPS _AXI-PRE_EAU',
                            ' EPS _AXI-Q', 'NCYCL-DSIGM'),   [DEFAUT]
                          / l_typgraph,             [l_Kn]
        ◊  TABLE_REF    = l_tabref,                 [l_table]

                ),
```

Essai triaxial cyclique drainé alterné (TD _A)

```
    |   ESSAI_ TD_A = _F (

        ♦  PRES_CONF    = l_pconf,                  [l_R]
        ♦  EPSI_IMPOSE  = l_epsimpo,                [l_R]
        ♦  NB_CYCLE     = nbcyc,                    [I]
        ◊  EPSI_ELAS    = / 1.E-7 ,                 [DEFAUT]
                          / epselas,                [R]
        ◊  KZERO        = / 1.,                     [DEFAUT]
                          / kzero,                  [R]
        ◊  NB_INST      = / 25 ,                    [DEFAUT]
                          / nbinst,                 [I]
        ◊  TABLE_RESU   = l_tabres,                 [l_CO]
        ◊  GRAPHIQUE    = / ('P-Q','EPS_AXI-Q','EPS_VOL-Q',
                            'EPS_AXI-EPS_VOL','P-EPS_VOL',
                            'EPSI-E'),              [DEFAUT]
                          / l_typgraph,             [l_Kn]
        ◊  TABLE_REF    = l_tabref,                 [l_table]

                ),
```

Essai triaxial cyclique drainé non alterné (TD _NA)

```
|   ESSAI_ TD_NA = _F (

        ♦ PRES_CONF    = l_pconf,                   [l_R]
        ♦  EPSI_IMPOSE = l_epsimpo,                 [l_R]
        ♦  NB_CYCLE    = nbcyc,                     [I]
        ◊  EPSI_ELAS   = / 1.E-7 ,                  [DEFAUT]
                         / epselas,                 [R]
        ◊  KZERO       = / 1.,                      [DEFAUT]
                         / kzero,                   [R]
        ◊  NB_INST     = / 25 ,                     [DEFAUT]
                         / nbinst,                  [I]
        ◊  TABLE_RESU  = l_tabres,                  [l_CO]
        ◊  GRAPHIQUE   = / ('P-Q','EPS_AXI-Q','EPS_VOL-Q',
                            'EPS_AXI-EPS_VOL','P-EPS_VOL',
                            'EPSI-E'),              [DEFAUT]
                          / l_typgraph,             [l_Kn]
        ◊  TABLE_REF   = l_tabref,                  [l_table]

                ),
```

Essai oedometrique cyclique drainé (OEDO _C)

```
|   ESSAI_OEDO_C = _F (

        ♦ PRES_CONF   = l_pconf,                    [l_R]
        ♦ SIGM_IMPOSE = l_sigimpo,                  [l_R]
        ♦ SIGM_DECH   = l_sigdech,                  [l_R]
        ◊  KZERO       = / 1.,                      [DEFAUT]
                          / kzero,                  [R]
        ◊  NB_INST     = / 25,                      [DEFAUT]
                          / nbinst,                 [I]
        ◊  TABLE_RESU  = l_tabres,                  [l_CO]
        ◊  GRAPHIQUE   = / ('P-EPS_VOL',
                            'SIG_AXI-EPS_VOL'),     [DEFAUT]
                          / l_typgraph,             [l_Kn]
        ◊  TABLE_REF   = l_tabref,                  [l_table]

             ),
```

Essai de consolidation isotrope cyclique drainée (ISOT _C)

```
|   ESSAI_ISOT_C = _F (

        ♦ PRES_CONF   = l_pconf,                    [l_R]
        ♦ SIGM_IMPOSE = l_sigimpo,                  [l_R]
        ♦ SIGM_DECH   = l_sigdech,                  [l_R]
        ◊  KZERO       = / 1.,                      [DEFAUT]
                          / kzero,                  [R]
        ◊  NB_INST     = / 25,                      [DEFAUT]
                          / nbinst,                 [I]
        ◊  TABLE_RESU  = l_tabres,                  [l_CO]
        ◊  GRAPHIQUE   = / ('P-EPS_VOL'),           [DEFAUT]
                          / l_typgraph,             [l_Kn]
        ◊  TABLE_REF   = l_tabref,                  [l_table]

        ),
```

```
◊     INFO = / 1 ,                                   [DEFAUT]
             / 2, );
```

3 Opérandes

3.1 Opérande MATER

```
♦   MATER = mat,                    [mater]
```

Ce mot-clé permet de renseigner le nom du matériau défini par DEFI_MATERIAU [U4.43.01], où sont fournis les paramètres nécessaires au comportement choisi.

3.2 Mot-clé COMPORTEMENT

La syntaxe de ce mot clé est décrite dans le document [U4.51.11].
Dans le cadre de cette macro-commande, l'utilisation de l'opérande RELATION du mot-clé COMPORTEMENT est bornée aux lois élasto-plastiques de sol suivantes :

- 'MOHR_COULOMB'
- 'CAM_CLAY'
- 'CJS'
- 'DRUCK_PRAGER'
- 'DRUCK_PRAG_N_A'
- 'HUJEUX'

3.3 Mot clé CONVERGENCE

La syntaxe de ce mot-clé est décrite dans le document [U4.51.03]. Il permet de modifier les valeurs par défaut des paramètres de convergence.

3.4 Mot clé ESSAI_TD

Ce mot-clé facteur (répétable) permet d'effectuer une série de simulations d'un même essai triaxial drainé pour lesquelles on fait varier les paramètres de chargement (pression de confinement et déformation axiale imposée), de post-traiter les résultats obtenus et de les écrire sous forme de graphiques (au format xmgrace) et/ou de tables.

3.4.1 Opérandes PRES_CONF, EPSI_IMPOSE, NB_INST

```
♦   PRES_CONF   = l_pconf,          [l_R]
♦    EPSI_IMPOSE = l_epsimpo,       [l_R]
◊    NB_INST     = / 100,           [DEFAUT]
                   / nbinst,        [I]
```

L'opérande PRES_CONF permet de définir la liste des pressions de confinement qui seront maintenues au cours de chaque essai. De même l'opérande EPSI_IMPOSE permet de définir la liste des valeurs finales du chargement de compression (rampe de déformation axiale imposée).
Pour cet essai, on fait correspondre à chaque pression de confinement une valeur finale pour la rampe de déformation axiale (voir figure 3.4.1-a) : les listes PRES_CONF et EPSI_IMPOSE doivent donc avoir même cardinal. Ce cardinal correspond au nombre de simulations qui seront exécutées sous ce mot-clé facteur.
Les contraintes et les déformations étant comptées négativement en compression, les valeurs renseignées pour PRES_CONF et EPSI_IMPOSE doivent être strictement négatives.

L'opérande NB_INST permet de définir la discrétisation temporelle du chargement (voir figure 3.4.1-a) , avec une valeur par défaut de 100 pas de chargement au cours de la rampe.

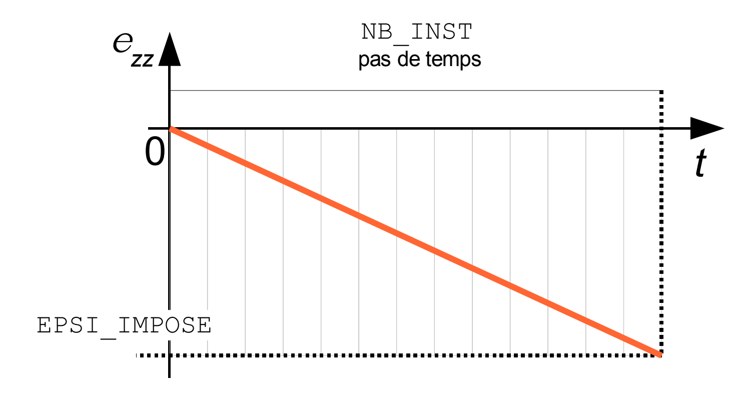


Figure 3.4.1-a: discrétisation et allure du chargement pour les mots-clés ESSAI_TD et ESSAI_TND

3.4.2 Opérande KZERO

```
◊    KZERO        = / 1.,                       [DEFAUT]
                    / kzero,                    [R]
```

Valeur du coefficient des terres au repos, permet de définir un état de confinement anisotrope : $\sigma_{xx}=\sigma_{yy}=K_0\ \sigma_{zz}=K_0\,\mathrm{PRES_CONF}$

Remarque : Lorsque la valeur de KZERO est renseignée différente de 1, la pression de confinement réelle de l'essai n'est plus PRES_CONF , elle devient :

$$P_c=\frac{(1+2.\mathrm{K}_0)\,\mathrm{PRES_CONF}}{3}$$

3.4.3 Opérande TABLE_RESU

```
◊    TABLE_RESU = l_tabres ,          [l_CO ]
```

Cet opérande facultatif permet de donner la liste des noms des concepts produits par la macro-commande qui seront alors de type [table] . Chaque table produite contient les résultats bruts et post-traités d'une simulation d'essai : la liste TABLE_RESU doit donc avoir même cardinal que les listes PRES_CONF et EPSI_IMPOSE .

Le titre de chaque table produite est complété par la macro-commande, il comprend :

- le nom du mot-clé facteur (ici ESSAI_TD) et son numéro d'occurrence (celui-ci étant répétable)
- le couple de valeurs (PRES_CONF,EPSI_IMPOSE) caractérisant le chargement de l'essai

Exemple :

```
TABRES1 =CO('TRES1')
TABRES2 =CO('TRES2')
TABRES3 =CO('TRES3')

CALC _ ESSAI_GEOMECA(
    ...
    ESSAI_TD = _F( PRES_CONF   = (-1.0E4 ,-1.5E4 ,-2.0E4 ) ,
```

```
                    EPSI_IMPOSE = (-1.0E-2,-1.0E-2,-1.0E-2) ,
                    TABLE_RESU  = ( TABRES1,TABRES2,TABRES3 ), ),
   ...
                     );
```

TABRES1 , TABRES 2 , et TABRES 3 sont successivement remplies selon l'ordre des listes PRES_CONF et EPSI_IMPOSE , le tableau ci-dessous précise les résultats d'essais contenus dans chaque table.

EPSI_IMPOSE ® / PRES_ CONF ¯	-1.0E-2	-1.0E-2	-1.0E-2
-1.0E4	TABRES1		
-1.5E4		TABRES2	
-2. 0 E4			TABRES3

3.4.4 Opérande GRAPHIQUE

```
◊   GRAPHIQUE = / ('P-Q','EPS_AXI-Q', 'EPS_AXI-EPS_VOL',
                   'P-EPS_VOL'),                        [DEFAUT]
                / l_typgraph,                           [l_Kn]
```

Cet opérande permet de préciser les types des graphiques produits par la macro-commande. Ces graphiques récapitulent les résultats des simulations exécutées sous le mot-clé facteur courant. La valeur par défaut est la liste de tous les types de graphiques disponibles pour le mot-clé facteur, mais il est possible d'en exclure certains en renseignant une liste ne contenant que les types souhaités parmi ceux qui figurent dans la liste de valeurs par défaut.Les graphiques disponibles pour l'essai TD sont :

-'P-Q ' : déviateur de contraintes : $q=|\sigma_{zz}-\sigma_{xx}|$ en fonction de la pression moyenne : $p=1/3(\sigma_{xx}+\sigma_{yy}+\sigma_{zz})$.
-'EPS_AXI-Q' : d éviateur de contraintes en fonction de la déformation axiale.
-'EPS_AXI-EPS_VOL' :d éformation volumique : $\epsilon_v=\epsilon_{xx}+\epsilon_{yy}+\epsilon_{zz}$, fonction de la déformation axiale.
-'P-EPS_VOL' : d éformation volumique ϵ_v en fonction de la pression moyenne p .

Les fichiers contenant ces graphiques sont écrits au format xmgrace dans un même répertoire spécifié par l'utilisateur (type repe en résultat dans astk), et sont nommés de la manière suivante :

' *nom du mot-clé facteur* ' _ ' *numéro d'occurrence* ' _ ' *type de graphique* ' .dat

Par exemple :

```
ESSAI_TD = ( _F ( ... GRAPHIQUE = ( ' P-Q ',' EPS_AXI-Q ' ), ... ),
             _F ( ... GRAPHIQUE = ( ' P-Q ' ),          ... ),),
```

produit les fichiers suivants :

Essai_TD_1_P-Q.dat, Essai_TD_1_EPS_AXI-Q.dat , Essai_TD_2_P-Q.dat ...

3.4.5 Opérande TABLE_REF

```
◊   TABLE_REF = l_tabref,              [l_table]
```

Cet opérande permet de renseigner des courbes de référence (par exemple, expérimentales) tabulées et stockées sous forme de tables, afin de les superposer aux courbes issues des simulations exécutées sous le mot-clé facteur courant. Ces courbes de référence sont alors incluses dans les fichiers produits par le mot-clé GRAPHIQUE.
Chaque table contenue dans la liste TABLE_REF doit être créée au préalable à l'aide de l'opérateur CREA_TABLE [U4.33.02], et formatée de la manière suivante :

```
tabref = CREA_TABLE(
   LISTE=(_F(PARA='TYPE'    , LISTE_K=[typgraph,]),
          _F(PARA='LEGENDE' , LISTE_K=[malegend,]),
          _F(PARA='ABSCISSE', LISTE_R=l_absc),
          _F(PARA='ORDONNEE', LISTE_R=l_ordo),),);
```

avec :

- typgraph une chaîne de caractères dont la valeur appartient obligatoirement à la liste de valeurs par défaut du mot-clé GRAPHIQUE. Cette valeur permet d'identifier le type de graphique (et donc le fichier) auquel la courbe de référence doit être ajoutée.
- malegend une chaîne de caractères qui contient la légende associée à la courbe de référence
- l_absc et l_ordo sont des listes python de réels contenant respectivement les abscisses et les ordonnées des points de la courbe de référence. Ces listes doivent donc avoir même cardinal

3.5 Mot clé ESSAI_TND

Ce mot-clé facteur (répétable) permet d'effectuer une série de simulations d'un même essai triaxial non drainé (on suppose la saturation totale) pour lesquelles on fait varier les paramètres de chargement (pression de confinement et déformation axiale imposée), de post-traiter les résultats obtenus et de les écrire sous forme de graphiques (au format xmgrace) et/ou de tables.

3.5.1 Opérandes PRES_CONF, EPSI_IMPOSE, NB_INST

```
♦   PRES_CONF   = l_pconf,        [l_R]
♦   EPSI_IMPOSE = l_epsimpo,      [l_R]
◊    NB_INST     = / 100,         [DEFAUT]
                   / nbinst,      [I]
```

Ces opérandes ont la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§ 3.4.1).

3.5.2 Opérande BIOT_COEF

```
◊   BIOT_COEF = / 1.               [DEFAUT]
                / biot            [R]
```

Valeur du coefficient de Biot.

3.5.3 Opérande KZERO

```
◊    KZERO       = / 1.,                        [DEFAUT]
```

```
/ kzero,                    [R]
```

Valeur du coefficient des terres au repos, permet de définir un état de confinement anisotrope : $\sigma_{xx}=\sigma_{yy}=K_0\ \sigma_{zz}=K_0\ \mathrm{PRES_CONF}$

Remarque : Lorsque la valeur de KZERO est renseignée différente de 1, la pression de confinement réelle de l'essai n'est plus PRES_CONF , elle devient :

$$P_c=\frac{(1+2.\mathrm{K}_0)\,\mathrm{PRES_CONF}}{3}$$

3.5.4 Opérande TABLE_RESU

```
◊  TABLE_RESU = l_tabres ,          [l_CO]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§ 3.4.3).

3.5.5 Opérande GRAPHIQUE

```
◊   GRAPHIQUE = / ('P-Q','EPS_AXI-Q', 'EPS_AXI-PRE_EAU'),
   [DEFAUT]
                / l_typgraph,
   [l_Kn]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§ 3.4.4), seule la liste des valeurs par défaut. Les graphiques disponibles pour cet essai (TND) sont les suivants :

-'P-Q' : d éviateur de contraintes $q=|\sigma_{zz}-\sigma_{xx}|$ en fonction de la pression moyenne.
-'EPS_AXI-Q' : d éviateur en fonction de la déformation axiale.
-'EPS_AXI-PRE_EAU' : pression d'eau (pression interstitielle) en fonction de la déformation axiale.

3.5.6 Opérande TABLE_REF

```
◊  TABLE_REF = l_tabref,            [l_table]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§ 3.4.5).

3.6 Mot clé ESSAI_CISA_C

Ce mot-clé facteur (répétable) permet d'effectuer une série de simulations d'un même essai de cisaillement cyclique drainé pour lesquelles on fait varier les paramètres de chargement (pression de confinement, amplitude de déformation de cisaillement et nombre de cycles), de post-traiter les résultats obtenus et de les écrire sous forme de graphiques (au format xmgrace) et/ou de tables.

3.6.1 Opérandes PRES_CONF, EPSI_IMPOSE, NB_CYCLE, NB_INST

```
♦  PRES_CONF    = l_pconf,          [l_R]
♦  GAMMA_IMPOSE = l_disimpo,        [l_R]
♦   NB_CYCLE    = nbcyc,            [I]
◊   NB_INST     = / 25,             [DEFAUT]
                  / nbinst,         [I]
```

Ces opérandes permettent de définir le chargement de chacune des simulations à exécuter sous le mot-clé facteur courant, ainsi que sa discrétisation. Leur signification est résumée à la figure 3.6.1-a et détaillée ci-dessous :

- `PRES_CONF` permet de définir la liste des pressions de confinement (strictement négatives) qui seront maintenues au cours de chaque essai.
- `GAMMA_IMPOSE` permet de définir la liste des amplitudes (strictement positives) de déformation de cisaillement $\gamma=2\ \varepsilon_{xy}$ du chargement cyclique imposé.
- `NB_CYCLE` correspond au nombre de cycles, fixé pour toutes les simulations.
- `NB_INST` permet de définir la discrétisation temporelle du chargement, et correspond au nombre de pas de chargement par quart de cycle

Pour chaque pression de confinement `PRES_CONF`, on effectue autant de simulations qu'il y a d'éléments dans la liste `GAMMA_IMPOSE`. Contrairement aux essais TD et TND (voir respectivement §8 et §11), ces listes ne sont pas en bijection et il y a au total $card(\texttt{PRES_CONF}).card(\texttt{GAMMA_IMPOSE})$ simulations exécutées.

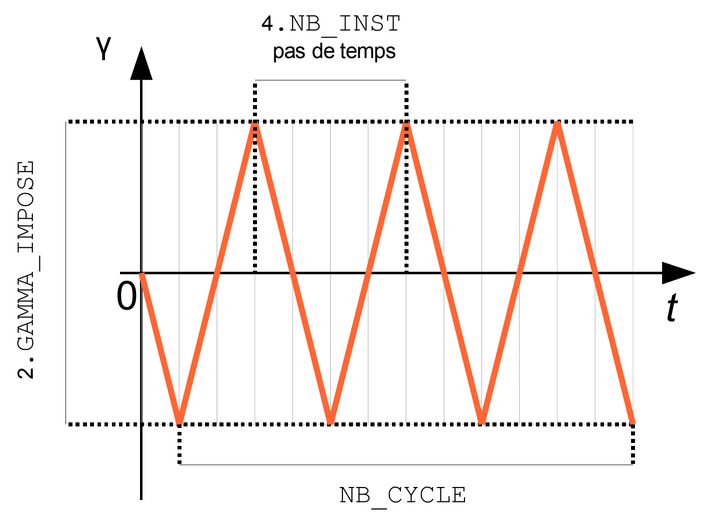


Figure 3.6.1-a: discrétisation et allure du chargement pour le mot-clé `ESSAI_CISA_C`, pour 3 cycles

3.6.2 Opérande `GAMMA_ELAS`

```
◊    GAMMA_ELAS    = / 1.E-7,          [DEFAUT]
                     / diselas,        [R]
```

Pour chaque pression de confinement, le module de cisaillement sécant maximal (c'est à dire du matériau sain) est déterminé en simulant une rampe de déformation de cisaillement imposée (en termes de distorsion) dont la valeur finale est `GAMMA_ELAS`. Cette valeur doit être telle que le matériau reste dans son domaine d'élasticité (linéaire ou non, selon la relation de comportement utilisée). `GAMMA_ELAS` vaut `1.E-7` par défaut, et toute valeur renseignée par l'utilisateur doit lui être inférieure. Si la valeur renseignée ne permet pas de rester dans le domaine d'élasticité, le code s'arrête en erreur fatale.

3.6.3 Opérande `KZERO`

```
◊    KZERO        = / 1.,                    [DEFAUT]
                    / kzero,                 [R]
```

Valeur du coefficient des terres au repos, permet de définir un état de confinement anisotrope : $\sigma_{xx}=\sigma_{yy}=K_0\ \sigma_{zz}=K_0\,\mathrm{PRES_CONF}$

Remarque : Lorsque la valeur de KZERO est renseignée différente de 1, la pression de confinement réelle de l'essai n'est plus PRES_CONF , elle devient :

$$P_c=\frac{(1+2.\mathrm{K}_0)\,\mathrm{PRES_CONF}}{3}$$

3.6.4 Opérande TABLE_RESU

◊ TABLE_RESU = l_tabres , [l_CO]

Cet opérande facultatif permet de donner la liste des noms des concepts produits par la macro-commande qui seront alors de type [table] . La taille de cette liste doit vérifier :

$$card(\mathrm{TABLE_RESU})=card(\mathrm{PRES_CONF})+1$$

En effet, chaque table produite regroupe les résultats bruts de toutes les simulations exécutées pour une même pression de confinement (PRES_CONF), dans laquelle chaque simulation correspond à un paquet de colonnes contiguës dont les titres sont tous indexés par le même entier (indice de la valeur considérée dans la liste GAMMA_IMPOSE). Une table supplémentaire récapitulant les post-traitements réalisés à l'issue de toutes les simulations est également produite. Cette table contient pour chaque pression de confinement (PRES_CONF) les valeurs du module de cisaillement sécant normalisé G/G_{max} et du taux d'amortissement D en vis-à-vis des amplitudes de la distorsion imposée (GAMMA_IMPOSE). Cette table correspond au nom de concept donné en dernière position dans la liste TABLE_RESU . Des extraits de ces tables sont présentés dans l'exemple ci-dessous.

Exemple :

```
TABRES1=CO('TRES1')
TABRES2 =CO('TRES2')
TAB BILA =CO('T BILA ')


CALC_ESSAI_GEOMECA(
    ...
    ESSAI_CISA_C = _F( PRES_CONF   = (-1.0E5 ,-2.05E5,),
                       GAMMA_IMPOSE  =  (  1.0E-5,  5.0E-5,  1.0E-4,
1.0E-3) ,
                      NB_CYCLE    = 3,
                      TABLE_RESU   =  ( TABRES1,TABRES2, TAB BILA ),
),
    ...
                   );
```

Le tableau ci-dessous précise pour cet exemple les résultats de simulations contenus dans les tables TABRES1 et TABRES2 , ainsi que l'ordre dans lequel ces tables sont remplies.

GAMMA_IMPOSE / PRES_ CONF	1.0E-5	5.0E-5	1.0E-4	1.0E-3
-1.0E5	TABRES1	TABRES1	TABRES1	TABRES1

-2.05E5	TABRES2	TABRES2	TABRES2	TABRES2

On présente ci-dessous un extrait de la table `TABRES1` contenant les résultats bruts des simulations exécutées pour la première valeur de `PRES_CONF` (`TABRES2` étant construite de la même manière, pour la seconde valeur de `PRES_CONF`).

```
#
#-------------------------------------------------------------------------------
#
#Resultats bruts : ESSAI_CISA_C numero 1 / PRES_CONF = -1.000000E+05
#
 GAMMA_IMPOSE_1 INST_1       GAMMA_1      SIG_XY_1     GAMMA_IMPOSE_2 INST_2       GAMMA_2      SIG_XY_2     ...
   1.00000E-05  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00   5.00000E-05  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00 ...
  -             4.00000E-01 -4.00000E-07 -3.79317E+01   -            4.00000E-01 -2.00000E-06 -1.89658E+02 ...
  -             8.00000E-01 -8.00000E-07 -7.58633E+01   -            8.00000E-01 -4.00000E-06 -3.79317E+02 ...
  -             1.20000E+00 -1.20000E-06 -1.13795E+02   -            1.20000E+00 -6.00000E-06 -5.50536E+02 ...
  -             1.60000E+00 -1.60000E-06 -1.51727E+02   -            1.60000E+00 -8.00000E-06 -7.19697E+02 ...
  -             2.00000E+00 -2.00000E-06 -1.89658E+02   -            2.00000E+00 -1.00000E-05 -8.88778E+02 ...
  -             2.40000E+00 -2.40000E-06 -2.27590E+02   -            2.40000E+00 -1.20000E-05 -1.05778E+03 ...
  -             2.80000E+00 -2.80000E-06 -2.65522E+02   -            2.80000E+00 -1.40000E-05 -1.22670E+03 ...
  -             3.20000E+00 -3.20000E-06 -3.03453E+02   -            3.20000E+00 -1.60000E-05 -1.39554E+03 ...
  -             3.60000E+00 -3.60000E-06 -3.41385E+02   -            3.60000E+00 -1.80000E-05 -1.56429E+03 ...
  -             4.00000E+00 -4.00000E-06 -3.79317E+02   -            4.00000E+00 -2.00000E-05 -1.73297E+03 ...
  -             4.40000E+00 -4.40000E-06 -4.15150E+02   -            4.40000E+00 -2.20000E-05 -1.90156E+03 ...
  -             4.80000E+00 -4.80000E-06 -4.49001E+02   -            4.80000E+00 -2.40000E-05 -2.07007E+03 ...
  -             5.20000E+00 -5.20000E-06 -4.82849E+02   -            5.20000E+00 -2.60000E-05 -2.23850E+03 ...
  -             5.60000E+00 -5.60000E-06 -5.16693E+02   -            5.60000E+00 -2.80000E-05 -2.40684E+03 ...
  -             6.00000E+00 -6.00000E-06 -5.50535E+02   -            6.00000E+00 -3.00000E-05 -2.57510E+03 ...
  -             6.40000E+00 -6.40000E-06 -5.84374E+02   -            6.40000E+00 -3.20000E-05 -2.74327E+03 ...
  -             6.80000E+00 -6.80000E-06 -6.18209E+02   -            6.80000E+00 -3.40000E-05 -2.91136E+03 ...
  -             7.20000E+00 -7.20000E-06 -6.52041E+02   -            7.20000E+00 -3.60000E-05 -3.07937E+03 ...
  -             7.60000E+00 -7.60000E-06 -6.85870E+02   -            7.60000E+00 -3.80000E-05 -3.24729E+03 ...
  -             8.00000E+00 -8.00000E-06 -7.19695E+02   -            8.00000E+00 -4.00000E-05 -3.41511E+03 ...
  -             8.40000E+00 -8.40000E-06 -7.53517E+02   -            8.40000E+00 -4.20000E-05 -3.58284E+03 ...
  -             8.80000E+00 -8.80000E-06 -7.87336E+02   -            8.80000E+00 -4.40000E-05 -3.75049E+03 ...
  -             9.20000E+00 -9.20000E-06 -8.21152E+02   -            9.20000E+00 -4.60000E-05 -3.91805E+03 ...
  -             9.60000E+00 -9.60000E-06 -8.54965E+02   -            9.60000E+00 -4.80000E-05 -4.08436E+03 ...
  -             1.00000E+01 -1.00000E-05 -8.88774E+02   -            1.00000E+01 -5.00000E-05 -4.24698E+03 ...
  -             1.04000E+01 -9.60000E-06 -8.50842E+02   -            1.04000E+01 -4.80000E-05 -4.05732E+03 ...
  -             1.08000E+01 -9.20000E-06 -8.12911E+02   -            1.08000E+01 -4.60000E-05 -3.86767E+03 ...
  -             1.12000E+01 -8.80000E-06 -7.74979E+02   -            1.12000E+01 -4.40000E-05 -3.67801E+03 ...
  -             1.16000E+01 -8.40000E-06 -7.37047E+02   -            1.16000E+01 -4.20000E-05 -3.48835E+03 ...
  -             1.20000E+01 -8.00000E-06 -6.99116E+02   -            1.20000E+01 -4.00000E-05 -3.31514E+03 ...
  -             1.24000E+01 -7.60000E-06 -6.61184E+02   -            1.24000E+01 -3.80000E-05 -3.14591E+03 ...
  -             1.28000E+01 -7.20000E-06 -6.23252E+02   -            1.28000E+01 -3.60000E-05 -2.97673E+03 ...
  -             1.32000E+01 -6.80000E-06 -5.85321E+02   -            1.32000E+01 -3.40000E-05 -2.80759E+03 ...
  -             1.36000E+01 -6.40000E-06 -5.47389E+02   -            1.36000E+01 -3.20000E-05 -2.63849E+03 ...
  -             1.40000E+01 -6.00000E-06 -5.09458E+02   -            1.40000E+01 -3.00000E-05 -2.46942E+03 ...
  -             1.44000E+01 -5.60000E-06 -4.71526E+02   -            1.44000E+01 -2.80000E-05 -2.30040E+03 ...
  -             1.48000E+01 -5.20000E-06 -4.33594E+02   -            1.48000E+01 -2.60000E-05 -2.13142E+03 ...
  -             1.52000E+01 -4.80000E-06 -3.95663E+02   -            1.52000E+01 -2.40000E-05 -1.96247E+03 ...
  -             1.56000E+01 -4.40000E-06 -3.57731E+02   -            1.56000E+01 -2.20000E-05 -1.79357E+03 ...
  -             1.60000E+01 -4.00000E-06 -3.19799E+02   -            1.60000E+01 -2.00000E-05 -1.62471E+03 ...
  -             1.64000E+01 -3.60000E-06 -2.81868E+02   -            1.64000E+01 -1.80000E-05 -1.45589E+03 ...
  -             1.68000E+01 -3.20000E-06 -2.43936E+02   -            1.68000E+01 -1.60000E-05 -1.28711E+03 ...
  -             1.72000E+01 -2.80000E-06 -2.06004E+02   -            1.72000E+01 -1.40000E-05 -1.11836E+03 ...
  -             1.76000E+01 -2.40000E-06 -1.68073E+02   -            1.76000E+01 -1.20000E-05 -9.49666E+02 ...
  -             1.80000E+01 -2.00000E-06 -1.30141E+02   -            1.80000E+01 -1.00000E-05 -7.81009E+02 ...
  -             1.84000E+01 -1.60000E-06 -9.23287E+01   -            1.84000E+01 -8.00000E-06 -6.12391E+02 ...
  ...           ...          ...          ...           ...          ...          ...          ...
```

Ci dessous, on présente également le contenu de la table supplémentaire `TABBILA` , récapitulant les post-traitements (G/G_{max} et D) réalisés à l'issue de toutes les simulations. Chaque paquet de colonnes contiguës dont les titres sont indexés par le même entier (indice de la valeur considérée dans la liste `PRES_CONF`) correspond aux post-traitements réalisés pour une même pression de confinement.

```
#
#-------------------------------------------------------------------------------
#
#Resultats globaux : ESSAI_CISA_C numero 1
#
PRES_CONF_1  GAMMA_IMPOSE_1 G_SUR_GMAX_1 DAMPING_1    PRES_CONF_2  GAMMA_IMPOSE_2 G_SUR_GMAX_2 DAMPING_2
-1.00000E+05    1.00000E-05  9.37244E-01  1.79484E-02 -2.00000E+05    1.00000E-05  9.65623E-01  1.30248E-02
-               5.00000E-05  8.95847E-01  7.93301E-03 -               5.00000E-05  9.26152E-01  6.34512E-03
-               1.00000E-04  7.91534E-01  5.24988E-02 -               1.00000E-04  8.82990E-01  2.26809E-02
-               1.00000E-03  2.81687E-01  2.16980E-01 -               1.00000E-03  3.69590E-01  1.89750E-01
```

3.6.5 Opérande GRAPHIQUE

```
◊   GRAPHIQUE = / ('GAMMA-SIGXY','GAMMA-G','GAMMA-D' ,'G-D'),
   [DEFAUT]
                / l_typgraph,                          [l_Kn]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§ 3.4.4), seule la liste des valeurs par défaut (et donc des types de graphique disponibles) diffère. Les graphiques disponibles pour l'essai de cisaillement drainé cyclique sont :

-'GAMMA-SIGXY' : contrainte de cisaillement en fonction de la distorsion .
-'GAMMA-G' : module de cisaillement sécant normalisé, en fonction de la distorsion appliquée $\gamma=2\ \varepsilon_{xy}$.
-'GAMMA-D' : taux d'amortissement en fonction de la distorsion appliquée.
-'G-D' : amortissement cyclique en fonction du module sécant normalisé.

3.6.6 Opérande TABLE_REF

```
◊  TABLE_REF = l_tabref,             [l_table]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§3.4.5).

3.7 Mot clé ESSAI_TND_C

Ce mot-clé facteur (répétable) permet d'effectuer une série de simulations d'un même essai triaxial non drainé (on suppose la saturation totale) cyclique pour lesquelles on fait varier les paramètres de chargement (pression de confinement, amplitude de contrainte effective axiale imposée, et nombre de cycles), de post-traiter les résultats obtenus et de les écrire sous forme de graphiques (au format xmgrace) et/ou de tables.

3.7.1 Opérandes PRES_CONF, SIGM_IMPOSE, NB_CYCLE, NB_INST

```
♦  PRES_CONF   = l_pconf,            [l_R]
♦  SIGM_IMPOSE = l_sigimpo,          [l_R]
♦   NB_CYCLE    = nbcyc,             [I]
◊   NB_INST     = / 25,              [DEFAUT]
                  / nbinst,          [I]
```

Ces opérandes permettent de définir le chargement de chacune des simulations à exécuter sous le mot-clé facteur courant, ainsi que sa discrétisation. Leur signification est résumée à la figure 3.7.1-a et détaillée ci-dessous :

- PRES_CONF permet de définir la liste des pressions de confinement (strictement négatives) qui seront maintenues au cours de chaque essai.
- SIGM_IMPOSE permet de définir la liste des amplitudes (strictement positives) de contrainte effective axiale du chargement cyclique imposé (avec PRES_CONF la contrainte moyenne).
- NB_CYCLE correspond au nombre de cycles, fixé pour toutes les simulations.
- NB_INST permet de définir la discrétisation temporelle du chargement, et correspond au nombre de pas de chargement par quart de cycle

Pour chaque pression de confinement PRES_CONF, on effectue autant de simulations qu'il y a d'éléments dans la liste SIGM_IMPOSE. Contrairement aux essais TD et TND (voir respectivement §8 et §11), ces listes ne sont pas en bijection et il y a au total $card(\text{PRES_CONF}).card(\text{SIGM_IMPOSE})$ simulations exécutées.

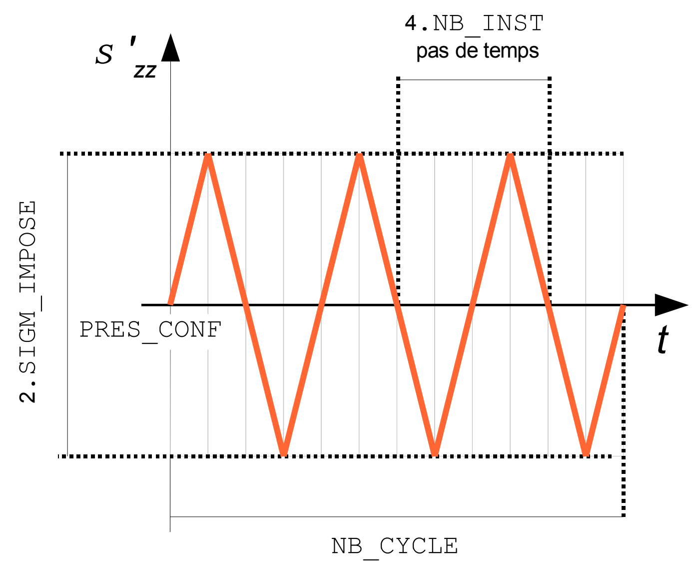


Figure 3.7.1-a: discrétisation et allure du chargement pour le mot-clé ESSAI_TND_C, pour 3 cycles

Remarque :

Pour les sables lâches, le contrôle en contrainte de l'essai pose des difficultés lors de la traversée des deux lignes d'instabilité, représentées en bleue sur la Figure 3.7.1-c. En effet, l'imposition d'une consigne de contrainte maximale supérieure à la contrainte maximale admissible sur la ligne d'instabilité conduit soit à une divergence, soit à une solution fausse (saut brutal de contrainte visible sur la Figure 3.7.1-c). En effet, la ligne d'instabilité représente le lieu de tous les maxima admissibles de contraintes d'un essai TND monotone pour différentes valeurs de consolidation initiale (courbe noire).

Le problème ne se pose pas pour un sable dense, car il n'y a pas de maxima de contraintes dans ce cas-là, comme on peut le voir la courbe noire de la Figure 3.7.1-b.

*Pour cet essai, il existe donc une procédure **automatique** de gestion des situations instables. Elle consiste à détecter l'instabilité et à poursuivre l'essai en déformation contrôlée. Les critères de détection sont les suivants :*

non convergence du calcul

$$\frac{\Delta Q}{\Delta P} < 0.25 \quad et \quad \frac{\Delta \dot{\varepsilon}_{zz}^{+}}{\Delta \dot{\varepsilon}_{zz}^{-}} > 10$$

On poursuit sur le nombre de cycles restant par enchaînement d'essais TND monotones à déformation contrôlée, à raison de deux essais par cycle ($\pm\varepsilon_{max}$ pour atteindre $\pm\sigma_{max}$). La consigne de déformation maximale ε_{max} imposée est de 4%, ou de 12% si la consigne précédente était insuffisante. La liste d'instants pour ces essais TND s'échelonne de 0 à 100 secondes par pas temporel de 0.2 secondes (ou de 0.1 secondes si la consigne est $\varepsilon_{max}=12\,\%$).

L'enchaînement d'un essai TND à déformation contrôlée à l'autre s'effectue par une reprise du calcul à partir du dernier instant où la consigne en contrainte $\pm\sigma_{max}$ est atteinte.

Sur la Figure 3.7.1-d, on montre sur un exemple de sable lâche (cas-test comp012c) la solution obtenue avec ou sans la procédure de gestion de l'instabilité.

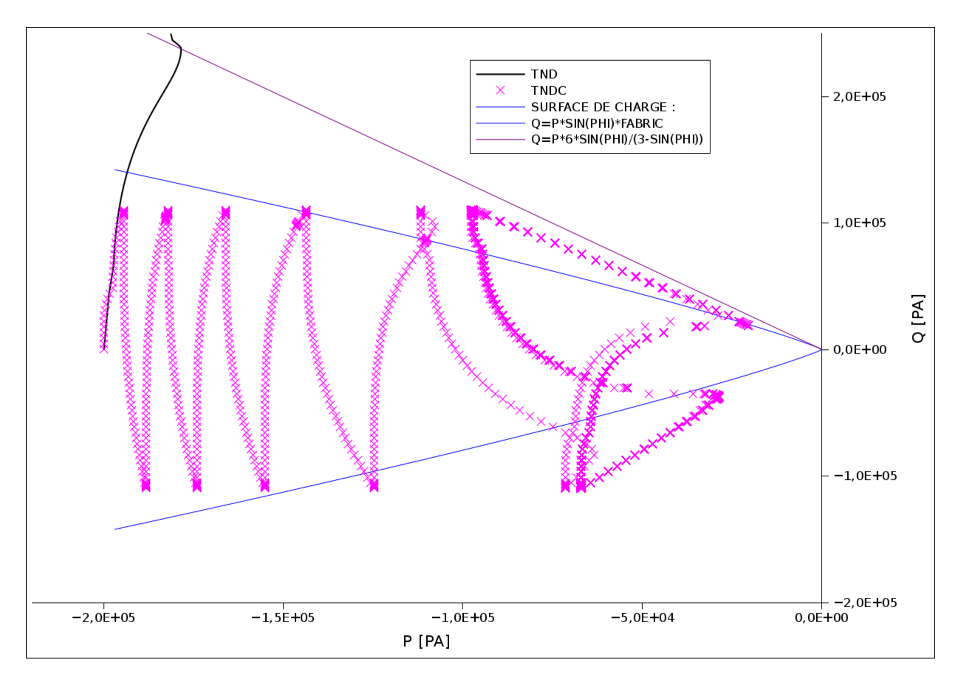


Figure 3.7.1-b: Résultat des essais TND (noir) et TND_C (rose) pour un sable dense. L'état de rupture est représentée par la ligne violette, et les lignes d'instabilité sont bleues.

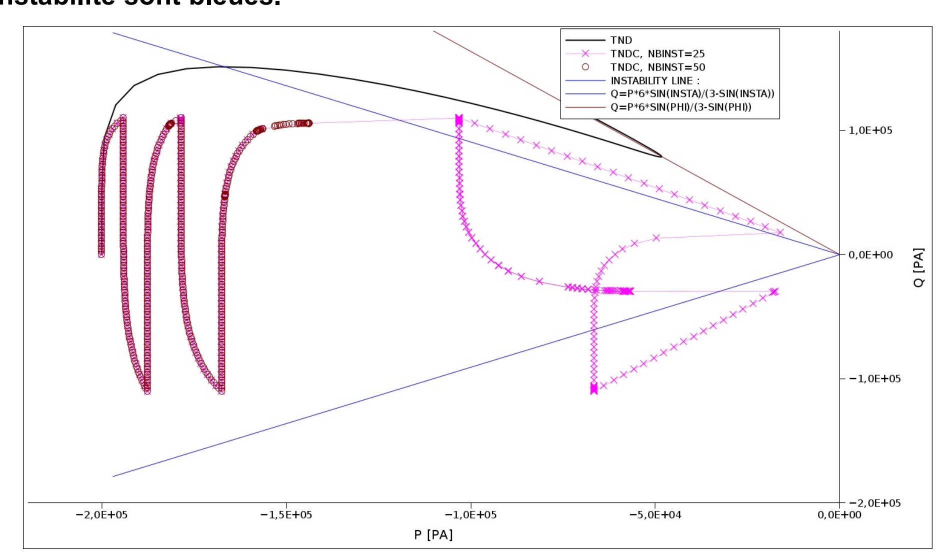
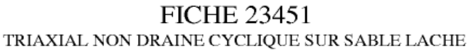


Figure 3.7.1-c: Résultat des essais TND (noir) et TND_C (rose) pour un sable lâche. L'état de rupture est représentée par la ligne violette, et les lignes d'instabilité sont bleues.



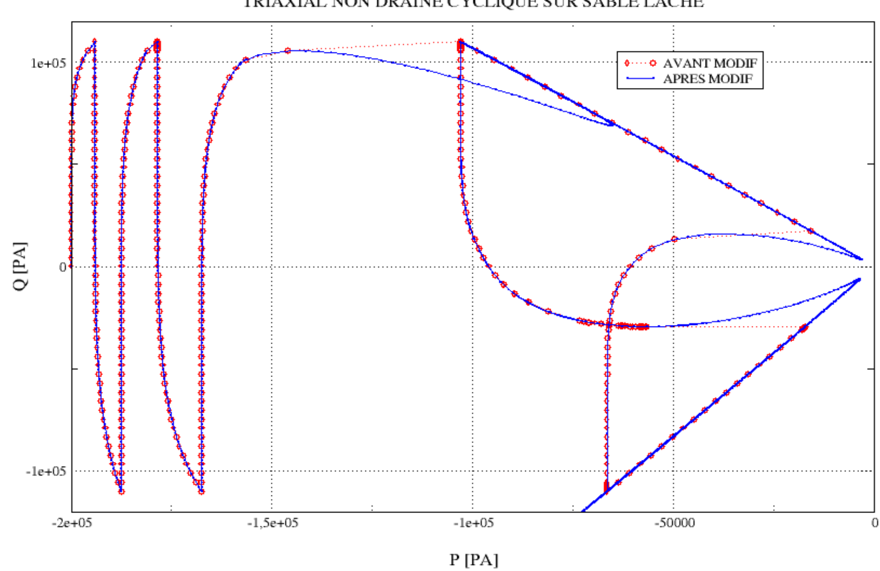


Figure 3.7.1-d: Résultat d'un essai TND_C pour un sable lâche avec (bleue) ou sans (rouge) la procédure de gestion de l'instabilité.

3.7.2 Opérande RU_MAX

```
◊   RU_MAX = / 0.8                 [DEFAUT]
             / rumax               [R]
```

Valeur maximale du critère de liquéfaction, à comparer avec : $r_u = \left| \frac{u}{P_0} \right|$

3.7.3 Opérande BIOT_COEF

```
◊   BIOT_COEF = / 1.               [DEFAUT]
                / biot             [R]
```

Valeur du coefficient de Biot.

3.7.4 Opérande UN_SUR_K

```
♦   UN_SUR_K = unsurk              [R]
```

Valeur de l'inverse du module de compressibilité de l'eau.

3.7.5 Opérande KZERO

```
◊    KZERO       = / 1.,                    [DEFAUT]
                   / kzero,                 [R]
```

Valeur du coefficient des terres au repos, permet de définir un état de confinement anisotrope : $\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = K_0 \ \sigma_{zz} = K_0 \mathrm{PRES_CONF}$

Remarque :

> *Lorsque la valeur de `KZERO` est renseignée différente de 1, la pression de confinement réelle de l'essai n'est plus `PRES_CONF`, elle devient :*
>
> $$P_c = \frac{(1+2.K_0)\,\text{PRES_CONF}}{3}$$

3.7.6 Opérande `TABLE_RESU`

◊ `TABLE_RESU = l_tabres ,` `[l_CO]`

Cet opérande facultatif permet de donner la liste des noms des concepts produits par la macro-commande qui seront alors de type `[table]`. La taille de cette liste doit vérifier :

$$card(\text{TABLE_RESU}) = card(\text{PRES_CONF}) + 1$$

En effet, chaque table produite regroupe les résultats bruts de toutes les simulations exécutées pour une même pression de confinement (`PRES_CONF`), dans laquelle chaque simulation correspond à un paquet de colonnes contiguës dont les titres sont tous indexés par le même entier (indice de la valeur considérée dans la liste `SIGM_IMPOSE`). Une table supplémentaire récapitulant les post-traitements réalisés à l'issue de toutes les simulations est également produite. Cette table contient pour chaque pression de confinement (`PRES_CONF`) le nombre de cycles au bout duquel le critère de liquéfaction du sol a été atteint, en vis-à-vis des amplitudes de contrainte effective imposée (`SIGM_IMPOSE`). Le critère de liquéfaction est considéré atteint si $r_u \geq rumax$, avec :

$$r_u = \left| \frac{u}{P_0} \right|$$

u désignant la pression interstitielle et P_0 la pression de confinement. Cette table correspond au nom de concept donné en dernière position dans la liste `TABLE_RESU`. Des extraits de ces tables sont présentés dans l'exemple ci-dessous.

Exemple :

```
TABRES1=CO('TRES1')
TABRES2=CO('TRES2')
TABRES3=CO('TRES3')
TABBILA=CO('TBILA')

CALC_ESSAI_GEOMECA(
   ...
   ESSAI_TND_C = _F( PRES_CONF   = (-3.E4,-3.25E4,-3.5E4,),
                     SIGM_IMPOSE                              =
(1.E4,1.1E4,1.2E4,1.3E4,1.6E4,),
                     NB_CYCLE    = 25,
                     UN_SUR_K    =  1.E-12,
                     TABLE_RESU                               =
(TABRES1,TABRES2,TABRES3,TABBILA), ),
   ...
                    );
```

Le tableau ci-dessous précise pour cet exemple les résultats de simulations contenus dans les tables `TABRES1`, `TABRES2` et `TABRES3`, ainsi que l'ordre dans lequel ces tables sont remplies.

SIGM_IMPOSE ® PRES_CONF ¯	1.E4	1.1E4	1.2E4	1.3E4	1.6E4
-3.E4	TABRES1	TABRES1	TABRES1	TABRES1	TABRES1
-3.25E4	TABRES2	TABRES2	TABRES2	TABRES2	TABRES2
-3.5E4	TABRES3	TABRES3	TABRES3	TABRES3	TABRES3

On présente ci-dessous un extrait de la table TABRES2 contenant les résultats bruts des simulations exécutées pour la deuxième valeur de PRES_CONF.

```
#
#------------------------------------------------------------------------------
#
#Resultats bruts : ESSAI_TND_C numero 1 / PRES_CONF = -3.250000E+04
#
 SIGM_IMPOSE_1 INST_1       EPS_AXI_1    EPS_LAT_1     ... PRE_EAU_1    SIGM_IMPOSE_2 INST_2        ...
   1.00000E+04  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00  ... -0.00000E+00   1.10000E+04  0.00000E+00  ...
  -             4.00000E-01  2.37788E-06 -1.18887E-06  ... -1.33316E+02  -             4.00000E-01  ...
  -             8.00000E-01  5.27009E-06 -2.63491E-06  ... -2.66632E+02  -             8.00000E-01  ...
  -             1.20000E+00  8.17434E-06 -4.08697E-06  ... -3.99948E+02  -             1.20000E+00  ...
  -             1.60000E+00  1.10910E-05 -5.54522E-06  ... -5.33263E+02  -             1.60000E+00  ...
  -             2.00000E+00  1.40203E-05 -7.00984E-06  ... -6.66579E+02  -             2.00000E+00  ...
  -             2.40000E+00  1.69628E-05 -8.48101E-06  ... -7.99895E+02  -             2.40000E+00  ...
  -             2.80000E+00  1.99187E-05 -9.95886E-06  ... -9.33211E+02  -             2.80000E+00  ...
  -             3.20000E+00  2.30002E-05 -1.14996E-05  ... -1.06631E+03  -             3.20000E+00  ...
  -             3.60000E+00  2.65689E-05 -1.32839E-05  ... -1.19796E+03  -             3.60000E+00  ...
  -             4.00000E+00  3.06705E-05 -1.53346E-05  ... -1.32706E+03  -             4.00000E+00  ...
  -             4.40000E+00  3.53282E-05 -1.76634E-05  ... -1.45247E+03  -             4.40000E+00  ...
  -             4.80000E+00  4.05684E-05 -2.02834E-05  ... -1.57305E+03  -             4.80000E+00  ...
  -             5.20000E+00  4.64193E-05 -2.32088E-05  ... -1.68756E+03  -             5.20000E+00  ...
  -             5.60000E+00  5.29170E-05 -2.64576E-05  ... -1.79469E+03  -             5.60000E+00  ...
  -             6.00000E+00  6.01011E-05 -3.00496E-05  ... -1.89303E+03  -             6.00000E+00  ...
  -             6.40000E+00  6.80160E-05 -3.40070E-05  ... -1.98113E+03  -             6.40000E+00  ...
  -             6.80000E+00  7.67173E-05 -3.83576E-05  ... -2.05731E+03  -             6.80000E+00  ...
  -             7.20000E+00  8.62682E-05 -4.31330E-05  ... -2.11975E+03  -             7.20000E+00  ...
  -             7.60000E+00  9.67455E-05 -4.83717E-05  ... -2.16636E+03  -             7.60000E+00  ...
  -             8.00000E+00  1.08244E-04 -5.41211E-05  ... -2.19469E+03  -             8.00000E+00  ...
  -             8.40000E+00  1.20878E-04 -6.04380E-05  ... -2.20193E+03  -             8.40000E+00  ...
  -             8.80000E+00  1.34791E-04 -6.73947E-05  ... -2.18477E+03  -             8.80000E+00  ...
  -             9.20000E+00  1.50170E-04 -7.50842E-05  ... -2.13899E+03  -             9.20000E+00  ...
  -             9.60000E+00  1.67253E-04 -8.36253E-05  ... -2.05939E+03  -             9.60000E+00  ...
  -             1.00000E+01  1.86360E-04 -9.31790E-05  ... -1.93918E+03  -             1.00000E+01  ...
  -             1.04000E+01  1.84117E-04 -9.20575E-05  ... -1.80586E+03  -             1.04000E+01  ...
  -             1.08000E+01  1.81336E-04 -9.06674E-05  ... -1.67255E+03  -             1.08000E+01  ...
  -             1.12000E+01  1.78318E-04 -8.91580E-05  ... -1.53923E+03  -             1.12000E+01  ...
  -             1.16000E+01  1.75296E-04 -8.76474E-05  ... -1.40592E+03  -             1.16000E+01  ...
  -             1.20000E+01  1.72272E-04 -8.61353E-05  ... -1.27260E+03  -             1.20000E+01  ...
  -             1.24000E+01  1.69244E-04 -8.46217E-05  ... -1.13928E+03  -             1.24000E+01  ...
  -             1.28000E+01  1.66214E-04 -8.31066E-05  ... -1.00597E+03  -             1.28000E+01  ...
  -             1.32000E+01  1.63181E-04 -8.15900E-05  ... -8.72652E+02  -             1.32000E+01  ...
  -             1.36000E+01  1.60145E-04 -8.00719E-05  ... -7.39335E+02  -             1.36000E+01  ...
  -             1.40000E+01  1.57105E-04 -7.85523E-05  ... -6.06019E+02  -             1.40000E+01  ...
  -             1.44000E+01  1.54063E-04 -7.70311E-05  ... -4.72703E+02  -             1.44000E+01  ...
  -             1.48000E+01  1.51017E-04 -7.55085E-05  ... -3.39387E+02  -             1.48000E+01  ...
  -             1.52000E+01  1.47969E-04 -7.39842E-05  ... -2.06071E+02  -             1.52000E+01  ...
  -             1.56000E+01  1.44857E-04 -7.24283E-05  ... -7.26273E+01  -             1.56000E+01  ...
  ...           ...          ...          ...          ...               ...           ...
```

Ci dessous, on présente également le contenu de la table supplémentaire TABBILA, récapitulant les post-traitements (nombre de cycles à la liquéfaction) réalisés à l'issue de toutes les simulations. Chaque paquet de colonnes contiguës dont les titres sont indexés par le même entier (indice de la valeur considérée dans la liste PRES_CONF) correspond aux post-traitements réalisés pour une même pression de confinement.

```
#
#------------------------------------------------------------------------------
#
#Resultats globaux : ESSAI_TND_C numero 1
#
  PRES_CONF_1   NCYCL_1         SIGM_IMPOSE_1  PRES_CONF_2   NCYCL_2         SIGM_IMPOSE_2  PRES_CONF_3   NCYCL_3
SIGM_IMPOSE_3
 -3.00000E+04   1.10000E+01    1.00000E+04  -3.25000E+04   1.50000E+01    1.00000E+04  -3.50000E+04   2.10000E+01
1.00000E+04
 -              7.00000E+00   1.10000E+04  -               1.10000E+01   1.10000E+04  -               1.50000E+01
1.10000E+04
 -              6.00000E+00   1.20000E+04  -               8.00000E+00   1.20000E+04  -               1.10000E+01
1.20000E+04
```

```
 -              4.00000E+00   1.30000E+04 -              6.00000E+00   1.30000E+04 -              8.00000E+00
1.30000E+04
 -              3.00000E+00   1.60000E+04 -              3.00000E+00   1.60000E+04 -              4.00000E+00
1.60000E+04
#
```

3.7.7 Opérande GRAPHIQUE

```
◊   GRAPHIQUE = / ('P-Q','SIG_AXI-PRE_EAU', EPS_AXI-PRE_EAU',
                   'EPS_AXI-Q','NCYCL-DSIGM'),         [DEFAUT]
                / l_typgraph,                           [l_Kn]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§ 3.4.4), seule la liste des valeurs par défaut diffère, les graphiques disponibles sont :

-'P-Q' : déviateur de contraintes $q=\sigma_{zz}-\sigma_{xx}$ en fonction de la pression moyenne $p=1/3(\sigma_{xx}+\sigma_{yy}+\sigma_{zz})$.
-'SIG_AXI-PRE_EAU' :pression interstitielle u en fonction de la contrainte axiale.
-'EPS_AXI-PRE_EAU : pression interstitielle en fonction de la déformation axiale.
-'EPS_AXI-Q' : déviateur q en fonction de la déformation axiale.
-'NCYCL-DSIGM' : l a contrainte imposée et le numéro de cycle pour lesquels le critère de liquéfaction est atteint.

3.7.8 Opérande TABLE_REF

```
◊  TABLE_REF = l_tabref,             [l_table]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§3.4.5).

3.8 Mot clé ESSAI_TD_A

Ce mot-clé facteur (répétable) permet d'effectuer une série de simulations d'un même essai triaxial drainé cyclique alterné pour lesquelles on fait varier les paramètres de chargement (pression de confinement, déformation axiale imposée, et nombre de cycles), de post-traiter les résultats obtenus et de les écrire sous forme de graphiques (au format xmgrace) et/ou de tables.

3.8.1 Opérandes PRES_CONF, EPSI_IMPOSE, NB_CYCLE, NB_INST

```
♦  PRES_CONF   = l_pconf,            [l_R]
♦  EPSI_IMPOSE = l_epsimpo,          [l_R]
♦   NB_CYCLE    = nbcyc,             [I]
◊   NB_INST     = / 25,              [DEFAUT]
                  / nbinst,          [I]
```

Ces opérandes permettent de définir le chargement de chacune des simulations à exécuter sous le mot-clé facteur courant, ainsi que sa discrétisation. Leur signification est résumée à la figure 3.8.1-a et détaillée ci-dessous :

- PRES_CONF permet de définir la liste des pressions de confinement (strictement négatives) qui seront maintenues au cours de chaque essai.
- EPSI_IMPOSE permet de définir la liste des amplitudes (strictement positives) de déformation axiale du chargement cyclique imposé.
- NB_CYCLE correspond au nombre de cycles, fixé pour toutes les simulations.
- NB_INST permet de définir la discrétisation temporelle du chargement, et correspond au nombre de pas de chargement par quart de cycle

Pour chaque pression de confinement PRES_CONF, on effectue autant de simulations qu'il y a d'éléments dans la liste EPSI_IMPOSE. Contrairement aux essais TD et TND (voir respectivement §8 et §11), ces listes ne sont pas en bijection et il y a au total $card(\text{PRES_CONF}).card(\text{EPSI_IMPOSE})$ simulations exécutées.

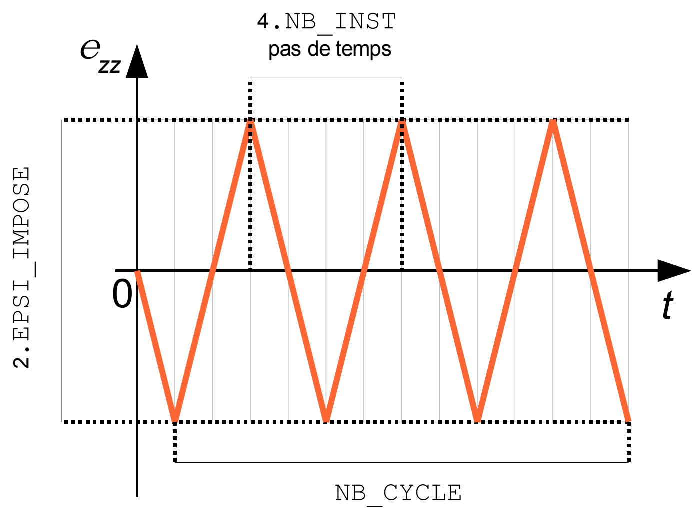


Figure 3.8.1-a: discrétisation et allure du chargement pour le mot-clé ESSAI_TD_A, pour 3 cycles

3.8.2 Opérande EPSI_ELAS

```
◊    EPSI_ELAS    = / 1.E-7,        [DEFAUT]
                    / epselas,      [R]
```

Pour chaque pression de confinement, le module d'Young cyclique équivalent maximal (c'est à dire du matériau sain) est déterminé en simulant un cycle de chargement alterné contrôlé en déformation axiale imposée jusqu'à la valeur EPSI_ELAS. Cette valeur doit être telle que le matériau reste dans son domaine d'élasticité (linéaire ou non, selon la relation de comportement utilisée). EPSI_ELAS vaut 1.E-7 par défaut, et toute valeur renseignée par l'utilisateur doit lui être inférieure. Si la valeur renseignée ne permet pas de rester dans le domaine d'élasticité, le code s'arrête en erreur fatale.

3.8.3 Opérande KZERO

```
◊    KZERO        = / 1.,                        [DEFAUT]
                     / kzero,                    [R]
```

Valeur du coefficient des terres au repos, permet de définir un état de confinement anisotrope : $\sigma_{xx}=\sigma_{yy}=K_0\,\sigma_{zz}=K_0\,\text{PRES_CONF}$

Remarque : Lorsque la valeur de KZERO est renseignée différente de 1, la pression de confinement réelle de l'essai n'est plus PRES_CONF , elle devient :

$$P_c=\frac{(1+2.\text{K}_0)\,\text{PRES_CONF}}{3}$$

3.8.4 Opérande TABLE_RESU

◊ TABLE_RESU = l_tabres , [l_CO]

Cet opérande facultatif permet de donner la liste des noms des concepts produits par la macro-commande qui seront alors de type [table] . La taille de cette liste doit vérifier :

$$card(\mathrm{TABLE_RESU}) = card(\mathrm{PRES_CONF}) + 1$$

En effet, chaque table produite regroupe les résultats bruts de toutes les simulations exécutées pour une même pression de confinement (PRES_CONF), dans laquelle chaque simulation correspond à un paquet de colonnes contiguës dont les titres sont tous indexés par le même entier (indice de la valeur considérée dans la liste EPSI_IMPOSE).Une table supplémentaire récapitulant les post-traitements réalisés à l'issue de toutes les simulations est également produite. Cette table contient pour chaque pression de confinement (PRES_CONF) les valeurs du module d'Young cyclique équivalent normalisé E/E_{max} pour le dernier cycle simulé, en vis-à-vis des amplitudes de déformation imposées (EPSI_IMPOSE). E et E_{max} sont calculés de la manière suivante :

$$E = \left| \frac{\Delta q}{\Delta \epsilon_a} \right|$$

avec : $\Delta q = q_{max} - q_{min}$ et $\Delta \epsilon_a = \epsilon_{a,max} - \epsilon_{a,min}$

Cette table correspond au nom de concept donné en dernière position dans la liste TABLE_RESU . Des extraits de ces tables sont présentés dans l'exemple ci-dessous.

Exemple :

```
TABRES1=CO('TRES1')
TABRES2=CO('TRES2')
TABBILA=CO('TBILA')

CALC_ESSAI_GEOMECA(
    ...
    ESSAI_TD_A = _F( PRES_CONF   = (-3.E4,-5.E4),
    EPSI_IMPOSE = (1.E-4,5.E-4,1.E-3,2.E-3,5.E-3),
    NB_CYCLE    = 3,
    TABLE_RESU  = (TABRES1,TABRES2,TABBILA), ),
    ...
                  );
```

Le tableau ci-dessous précise pour cet exemple les résultats de simulations contenus dans les tables TABRES1, TABRES2, ainsi que l'ordre dans lequel ces tables sont remplies.

EPSI_IMPOSE ® / PRES_CONF ¯	1.E-4	5.E-4	1.E-3	2.E-3	5.E-3
-3.E4	TABRES1	TABRES1	TABRES1	TABRES1	TABRES1
-5.E4	TABRES2	TABRES2	TABRES2	TABRES2	TABRES2

On présente ci-dessous un extrait de la table TABRES2 contenant les résultats bruts des simulations exécutées pour la deuxième valeur de PRES_CONF.

#

```
#-----------------------------------------------------------------------------
#
#Resultats bruts : ESSAI_TD_A numero 1 / PRES_CONF = -5.000000E+04
#
EPSI_IMPOSE_1 INST_1       EPS_AXI_1    EPS_LAT_1     ...     EPSI_IMPOSE_2 INST_2      ...
  1.00000E-04  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00  ...     5.00000E-04  0.00000E+00  ...
 -             4.00000E-01 -4.00000E-06 -1.97971E-06  ...     -             4.00000E-01 ...
 -             8.00000E-01 -8.00000E-06 -3.80754E-06  ...     -             8.00000E-01 ...
 -             1.20000E+00 -1.20000E-05 -5.47994E-06  ...     -             1.20000E+00 ...
 -             1.60000E+00 -1.60000E-05 -7.15274E-06  ...     -             1.60000E+00 ...
 -             2.00000E+00 -2.00000E-05 -8.82571E-06  ...     -             2.00000E+00 ...
 -             2.40000E+00 -2.40000E-05 -1.04989E-05  ...     -             2.40000E+00 ...
 -             2.80000E+00 -2.80000E-05 -1.21721E-05  ...     -             2.80000E+00 ...
 -             3.20000E+00 -3.20000E-05 -1.38456E-05  ...     -             3.20000E+00 ...
 -             3.60000E+00 -3.60000E-05 -1.55192E-05  ...     -             3.60000E+00 ...
 -             4.00000E+00 -4.00000E-05 -1.71930E-05  ...     -             4.00000E+00 ...
 -             4.40000E+00 -4.40000E-05 -1.88669E-05  ...     -             4.40000E+00 ...
 -             4.80000E+00 -4.80000E-05 -2.05409E-05  ...     -             4.80000E+00 ...
 -             5.20000E+00 -5.20000E-05 -2.22151E-05  ...     -             5.20000E+00 ...
 -             5.60000E+00 -5.60000E-05 -2.38895E-05  ...     -             5.60000E+00 ...
 -             6.00000E+00 -6.00000E-05 -2.55640E-05  ...     -             6.00000E+00 ...
 -             6.40000E+00 -6.40000E-05 -2.72385E-05  ...     -             6.40000E+00 ...
 -             6.80000E+00 -6.80000E-05 -2.88926E-05  ...     -             6.80000E+00 ...
 -             7.20000E+00 -7.20000E-05 -3.04742E-05  ...     -             7.20000E+00 ...
 -             7.60000E+00 -7.60000E-05 -3.19868E-05  ...     -             7.60000E+00 ...
 -             8.00000E+00 -8.00000E-05 -3.34349E-05  ...     -             8.00000E+00 ...
 -             8.40000E+00 -8.40000E-05 -3.48219E-05  ...     -             8.40000E+00 ...
 -             8.80000E+00 -8.80000E-05 -3.61512E-05  ...     -             8.80000E+00 ...
 -             9.20000E+00 -9.20000E-05 -3.74257E-05  ...     -             9.20000E+00 ...
 -             9.60000E+00 -9.60000E-05 -3.86481E-05  ...     -             9.60000E+00 ...
 -             1.00000E+01 -1.00000E-04 -3.98209E-05  ...     -             1.00000E+01 ...
 -             1.04000E+01 -9.60000E-05 -4.10210E-05  ...     -             1.04000E+01 ...
 -             1.08000E+01 -9.20000E-05 -4.23186E-05  ...     -             1.08000E+01 ...
 -             1.12000E+01 -8.80000E-05 -4.36541E-05  ...     -             1.12000E+01 ...
 -             1.16000E+01 -8.40000E-05 -4.49913E-05  ...     -             1.16000E+01 ...
 -             1.20000E+01 -8.00000E-05 -4.63303E-05  ...     -             1.20000E+01 ...
 -             1.24000E+01 -7.60000E-05 -4.76712E-05  ...     -             1.24000E+01 ...
 -             1.28000E+01 -7.20000E-05 -4.90139E-05  ...     -             1.28000E+01 ...
 -             1.32000E+01 -6.80000E-05 -5.03585E-05  ...     -             1.32000E+01 ...
 -             1.36000E+01 -6.40000E-05 -5.17050E-05  ...     -             1.36000E+01 ...
 -             1.40000E+01 -6.00000E-05 -5.30534E-05  ...     -             1.40000E+01 ...
 -             1.44000E+01 -5.60000E-05 -5.44039E-05  ...     -             1.44000E+01 ...
 -             1.48000E+01 -5.20000E-05 -5.54605E-05  ...     -             1.48000E+01 ...
 -             1.52000E+01 -4.80000E-05 -5.38679E-05  ...     -             1.52000E+01 ...
 -             1.56000E+01 -4.40000E-05 -5.22783E-05  ...     -             1.56000E+01 ...
 -             1.60000E+01 -4.00000E-05 -5.06917E-05  ...     -             1.60000E+01 ...
 -             1.64000E+01 -3.60000E-05 -4.91081E-05  ...     -             1.64000E+01 ...
 -             1.68000E+01 -3.20000E-05 -4.75276E-05  ...     -             1.68000E+01 ...
 -             1.72000E+01 -2.80000E-05 -4.59671E-05  ...     -             1.72000E+01 ...
 -             1.76000E+01 -2.40000E-05 -4.44567E-05  ...     -             1.76000E+01 ...
 -             1.80000E+01 -2.00000E-05 -4.29952E-05  ...     -             1.80000E+01 ...
  ...          ...          ...          ...          ...     ...               ...     ...
```

Ci dessous, on présente également le contenu de la table supplémentaire TABBILA, récapitulant les post-traitements (E/E_{max}) réalisés à l'issue de toutes les simulations. Chaque paquet de colonnes contiguës dont les titres sont indexés par le même entier (indice de la valeur considérée dans la liste PRES_CONF) correspond aux post-traitements réalisés pour une même pression de confinement.

```
#
#-----------------------------------------------------------------------------
#
#Resultats globaux : ESSAI_TD_A numero 1
#
PRES_CONF_1  EPSI_IMPOSE_1 E_SUR_EMAX_1 PRES_CONF_2  EPSI_IMPOSE_2 E_SUR_EMAX_2
-3.00000E+04  1.00000E-04  4.08330E-01 -5.00000E+04  1.00000E-04  4.30922E-01
-             5.00000E-04  1.72000E-01 -             5.00000E-04  2.05213E-01
-             1.00000E-03  1.13241E-01 -             1.00000E-03  1.38724E-01
-             2.00000E-03  7.38666E-02 -             2.00000E-03  9.14469E-02
-             5.00000E-03  4.33285E-02 -             5.00000E-03  5.32730E-02
```

3.8.5 Opérande **GRAPHIQUE**

```
◊   GRAPHIQUE   = / ('P-Q','EPS_AXI-Q','EPS_VOL-Q',
                       'EPS_AXI-EPS_VOL','P-EPS_VOL',
                            'EPSI-E'),         [DEFAUT]
                  / l_typgraph,                   [l_Kn]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§ 3.4.4), seule la liste des valeurs par défaut diffère, les graphiques disponibles pour cet essai sont :

-'P-Q': déviateur de contraintes q en fonction de la pression moyenne.

-'EPS_AXI-Q': déviateur q en fonction de la déformation axiale.

-'EPS_VOL-Q': déviateur q en fonction de la déformation volumique ϵ_v .
-'EPS_AXI-EPS_VOL': déformation volumique en fonction de la déformation axiale.
-'P-EPS_VOL': déformation volumique en fonction de la pression moyenne.
- 'EPSI-E': Evolution du module d'Young en fonction de la double amplitude : $2.\mathrm{EPSI_IMPOSE}$.

3.8.6 Opérande TABLE_REF

```
◊   TABLE_REF = l_tabref,             [l_table]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§ 3.4.5).

3.9 Mot clé ESSAI_TD_NA

Ce mot-clé facteur (répétable) permet d'effectuer une série de simulations d'un même essai triaxial drainé cyclique non alterné pour lesquelles on fait varier les paramètres de chargement (pression de confinement, déformation axiale imposée, et nombre de cycles), de post-traiter les résultats obtenus et de les écrire sous forme de graphiques (au format xmgrace) et/ou de tables.

3.9.1 Opérandes PRES_CONF, EPSI_IMPOSE, NB_CYCLE, NB_INST

```
♦   PRES_CONF   = l_pconf,            [l_R]
♦   EPSI_IMPOSE = l_epsimpo,          [l_R]
♦    NB_CYCLE    = nbcyc,             [I]
◊    NB_INST     = / 25,              [DEFAUT]
                   / nbinst,          [I]
```

Ces opérandes permettent de définir le chargement de chacune des simulations à exécuter sous le mot-clé facteur courant, ainsi que sa discrétisation. Leur signification est résumée à la figure 3.9.1-a et détaillée ci-dessous :

- PRES_CONF permet de définir la liste des pressions de confinement (strictement négatives) qui seront maintenues au cours de chaque essai.
- EPSI_IMPOSE permet de définir la liste des amplitudes (strictement négatives) de déformation axiale du chargement cyclique imposé.
- NB_CYCLE correspond au nombre de cycles, fixé pour toutes les simulations.
- NB_INST permet de définir la discrétisation temporelle du chargement, et correspond au nombre de pas de chargement par quart de cycle

Pour chaque pression de confinement PRES_CONF, on effectue autant de simulations qu'il y a d'éléments dans la liste EPSI_IMPOSE. Contrairement aux essais TD et TND (voir respectivement §8 et §11), ces listes ne sont pas en bijection et il y a au total $card(\mathrm{PRES_CONF}).card(\mathrm{EPSI_IMPOSE})$ simulations exécutées.

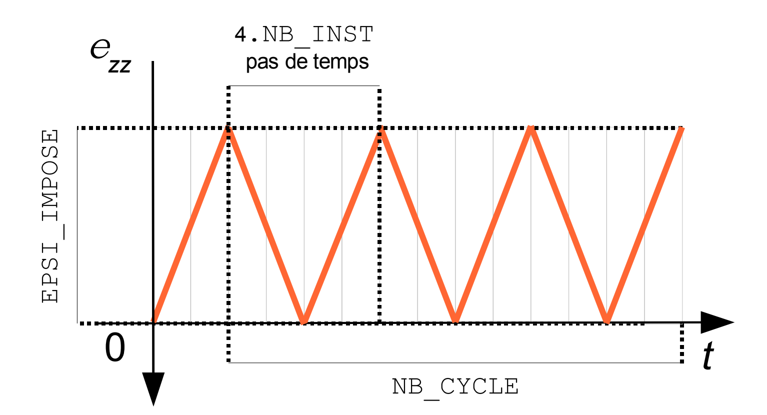


Figure 3.9.1-a: discrétisation et allure du chargement pour le mot-clé ESSAI_TD_NA, pour 3 cycles

3.9.2 Opérande EPSI_ELAS

```
◊    EPSI_ELAS   = / 1.E-7,        [DEFAUT]
                   / epselas,      [R]
```

Pour chaque pression de confinement, le module d'Young cyclique équivalent maximal (c'est à dire du matériau sain) est déterminé en simulant un cycle de chargement non alterné contrôlé en déformation axiale imposée jusqu'à la valeur EPSI_ELAS. Cette valeur doit être telle que le matériau reste dans son domaine d'élasticité (linéaire ou non, selon la relation de comportement utilisée). EPSI_ELAS vaut 1.E-7 par défaut, et toute valeur renseignée par l'utilisateur doit lui être inférieure. Si la valeur renseignée ne permet pas de rester dans le domaine d'élasticité, le code s'arrête en erreur fatale.

3.9.3 Opérande KZERO

```
◊    KZERO       = / 1.,                       [DEFAUT]
                   / kzero,                    [R]
```

Valeur du coefficient des terres au repos, permet de définir un état de confinement anisotrope : $\sigma_{xx}=\sigma_{yy}=K_0\ \sigma_{zz}=K_0\,\mathrm{PRES_CONF}$

Remarque : Lorsque la valeur de KZERO est renseignée différente de 1, la pression de confinement réelle de l'essai n'est plus PRES_CONF , elle devient :

$$P_c=\frac{(1+2.\mathrm{K}_0)\,\mathrm{PRES_CONF}}{3}$$

3.9.4 Opérande TABLE_RESU

```
◊    TABLE_RESU = l_tabres ,          [l_CO]
```

Cet opérande facultatif permet de donner la liste des noms des concepts produits par la macro-commande qui seront alors de type [table] . La taille de cette liste doit vérifier :

$$card(\mathrm{TABLE_RESU})=card(\mathrm{PRES_CONF})+1$$

En effet, chaque table produite regroupe les résultats bruts de toutes les simulations exécutées pour une même pression de confinement (PRES_CONF), dans laquelle chaque simulation correspond à un paquet de colonnes contiguës dont les titres sont tous indexés par le même entier (indice de la valeur considérée dans la liste EPSI_IMPOSE).Une table supplémentaire récapitulant les post-traitements réalisés à l'issue de toutes les simulations est également produite. Cette table contient pour chaque pression de confinement (PRES_CONF) Cette table contient pour chaque pression de confinement (PRES_CONF) les valeurs du module d'Young cyclique équivalent normalisé E/E_{max} pour le dernier cycle simulé, en vis-à-vis des amplitudes de déformation imposées (EPSI_IMPOSE). E et E_{max} sont calculés de la manière suivante :

$$E=\left|\frac{\Delta q}{\Delta \epsilon_a}\right|$$

avec : $\Delta q=q_{max}-q_{min}$ et $\Delta \epsilon_a=\epsilon_{a,max}-\epsilon_{a,min}$

Cette table correspond au nom de concept donné en dernière position dans la liste TABLE_RESU . Des extraits de ces tables sont présentés dans l'exemple ci-dessous.

Exemple :

```
TABRES1=CO('TRES1')
TABRES2=CO('TRES2')
TABBILA=CO('TBILA')

CALC_ESSAI_GEOMECA(
    ...
    ESSAI_TD_CA = _F( PRES_CONF   = (-3.E4,-5.E4),
    EPSI_IMPOSE = (-1.E-4,-5.E-4,-1.E-3,-2.E-3,-5.E-3),
    NB_CYCLE    = 3,
    TABLE_RESU  = (TABRES1,TABRES2,TABBILA), ),
    ...
                   );
```

Le tableau ci-dessous précise pour cet exemple les résultats de simulations contenus dans les tables TABRES1 et TABRES2 , ainsi que l'ordre dans lequel ces tables sont remplies.

EPSI_IMPOSE / PRES_CONF	-1.E-4	-5.E-4	-1.E-3	-2.E-3	-5.E-3
-3.E4	TABRES1	TABRES1	TABRES1	TABRES1	TABRES1
-5.E4	TABRES2	TABRES2	TABRES2	TABRES2	TABRES2

On présente ci-dessous un extrait de la table TABRES1 contenant les résultats bruts des simulations exécutées pour la première valeur de PRES_CONF.

```
#
#-----------------------------------------------------------------------------
#
#Resultats bruts : ESSAI_TD_NA numero 1 / PRES_CONF = -3.000000E+04
#
EPSI_IMPOSE_1 INST_1       EPS_AXI_1    ...    Q_1          EPSI_IMPOSE_2 INST_2       EPS_AXI_2        ...
 -1.00000E-04  0.00000E+00  0.00000E+00 ...    0.00000E+00  -5.00000E-04  0.00000E+00  0.00000E+00      ...
 -             4.00000E-01 -2.00000E-06 ...    -1.31868E+02  -             4.00000E-01 -1.00000E-05     ...
 -             8.00000E-01 -4.00000E-06 ...    -2.63773E+02  -             8.00000E-01 -2.00000E-05     ...
 -             1.20000E+00 -6.00000E-06 ...    -3.83349E+02  -             1.20000E+00 -3.00000E-05     ...
 -             1.60000E+00 -8.00000E-06 ...    -5.01328E+02  -             1.60000E+00 -4.00000E-05     ...
 -             2.00000E+00 -1.00000E-05 ...    -6.19314E+02  -             2.00000E+00 -5.00000E-05     ...
 -             2.40000E+00 -1.20000E-05 ...    -7.37316E+02  -             2.40000E+00 -6.00000E-05     ...
 -             2.80000E+00 -1.40000E-05 ...    -8.55333E+02  -             2.80000E+00 -7.00000E-05     ...
```

```
-          3.20000E+00 -1.60000E-05 ...   -9.73365E+02  -          3.20000E+00 -8.00000E-05    ...
-          3.60000E+00 -1.80000E-05 ...   -1.09142E+03  -          3.60000E+00 -9.00000E-05    ...
-          4.00000E+00 -2.00000E-05 ...   -1.20948E+03  -          4.00000E+00 -1.00000E-04    ...
-          4.40000E+00 -2.20000E-05 ...   -1.32756E+03  -          4.40000E+00 -1.10000E-04    ...
-          4.80000E+00 -2.40000E-05 ...   -1.44566E+03  -          4.80000E+00 -1.20000E-04    ...
-          5.20000E+00 -2.60000E-05 ...   -1.56377E+03  -          5.20000E+00 -1.30000E-04    ...
-          5.60000E+00 -2.80000E-05 ...   -1.68190E+03  -          5.60000E+00 -1.40000E-04    ...
-          6.00000E+00 -3.00000E-05 ...   -1.80004E+03  -          6.00000E+00 -1.50000E-04    ...
-          6.40000E+00 -3.20000E-05 ...   -1.91819E+03  -          6.40000E+00 -1.60000E-04    ...
-          6.80000E+00 -3.40000E-05 ...   -2.03636E+03  -          6.80000E+00 -1.70000E-04    ...
-          7.20000E+00 -3.60000E-05 ...   -2.15454E+03  -          7.20000E+00 -1.80000E-04    ...
-          7.60000E+00 -3.80000E-05 ...   -2.27274E+03  -          7.60000E+00 -1.90000E-04    ...
-          8.00000E+00 -4.00000E-05 ...   -2.39096E+03  -          8.00000E+00 -2.00000E-04    ...
-          8.40000E+00 -4.20000E-05 ...   -2.50919E+03  -          8.40000E+00 -2.10000E-04    ...
-          8.80000E+00 -4.40000E-05 ...   -2.62744E+03  -          8.80000E+00 -2.20000E-04    ...
-          9.20000E+00 -4.60000E-05 ...   -2.74570E+03  -          9.20000E+00 -2.30000E-04    ...
-          9.60000E+00 -4.80000E-05 ...   -2.86398E+03  -          9.60000E+00 -2.40000E-04    ...
-          1.00000E+01 -5.00000E-05 ...   -2.98068E+03  -          1.00000E+01 -2.50000E-04    ...
-          1.04000E+01 -5.20000E-05 ...   -3.09519E+03  -          1.04000E+01 -2.60000E-04    ...
-          1.08000E+01 -5.40000E-05 ...   -3.20767E+03  -          1.08000E+01 -2.70000E-04    ...
-          1.12000E+01 -5.60000E-05 ...   -3.31820E+03  -          1.12000E+01 -2.80000E-04    ...
-          1.16000E+01 -5.80000E-05 ...   -3.42689E+03  -          1.16000E+01 -2.90000E-04    ...
-          1.20000E+01 -6.00000E-05 ...   -3.53382E+03  -          1.20000E+01 -3.00000E-04    ...
-          1.24000E+01 -6.20000E-05 ...   -3.63908E+03  -          1.24000E+01 -3.10000E-04    ...
-          1.28000E+01 -6.40000E-05 ...   -3.74272E+03  -          1.28000E+01 -3.20000E-04    ...
-          1.32000E+01 -6.60000E-05 ...   -3.84486E+03  -          1.32000E+01 -3.30000E-04    ...
-          1.36000E+01 -6.80000E-05 ...   -3.94553E+03  -          1.36000E+01 -3.40000E-04    ...
-          1.40000E+01 -7.00000E-05 ...   -4.04480E+03  -          1.40000E+01 -3.50000E-04    ...
-          1.44000E+01 -7.20000E-05 ...   -4.14272E+03  -          1.44000E+01 -3.60000E-04    ...
-          1.48000E+01 -7.40000E-05 ...   -4.23935E+03  -          1.48000E+01 -3.70000E-04    ...
-          1.52000E+01 -7.60000E-05 ...   -4.33473E+03  -          1.52000E+01 -3.80000E-04    ...
-          1.56000E+01 -7.80000E-05 ...   -4.42892E+03  -          1.56000E+01 -3.90000E-04    ...
-          1.60000E+01 -8.00000E-05 ...   -4.52195E+03  -          1.60000E+01 -4.00000E-04    ...
-          1.64000E+01 -8.20000E-05 ...   -4.61387E+03  -          1.64000E+01 -4.10000E-04    ...
-          1.68000E+01 -8.40000E-05 ...   -4.70471E+03  -          1.68000E+01 -4.20000E-04    ...
-          1.72000E+01 -8.60000E-05 ...   -4.79452E+03  -          1.72000E+01 -4.30000E-04    ...
-          1.76000E+01 -8.80000E-05 ...   -4.88332E+03  -          1.76000E+01 -4.40000E-04    ...
-          1.80000E+01 -9.00000E-05 ...   -4.97116E+03  -          1.80000E+01 -4.50000E-04    ...
-          1.84000E+01 -9.20000E-05 ...   -5.05805E+03  -          1.84000E+01 -4.60000E-04    ...
 ...        ...          ...         ...        ...               ...        …                 ...
```

Ci dessous, on présente également le contenu de la table supplémentaire `TABBILA` , récapitulant les post-traitements (E/E_{max}) réalisés à l'issue de toutes les simulations. Chaque paquet de colonnes contiguës dont les titres sont indexés par le même entier (indice de la valeur considérée dans la liste `PRES_CONF`) correspond aux post-traitements réalisés pour une même pression de confinement.

```
#
#-----------------------------------------------------------------------------
#
#Resultats globaux : ESSAI_TD_NA numero 1
#
PRES_CONF_1  EPSI_IMPOSE_1 E_SUR_EMAX_1 PRES_CONF_2  EPSI_IMPOSE_2 E_SUR_EMAX_2
-3.00000E+04  -1.00000E-04  5.98636E-01 -5.00000E+04  -1.00000E-04  5.86002E-01
-            -5.00000E-04  2.82428E-01 -             -5.00000E-04  3.14085E-01
-            -1.00000E-03  2.02984E-01 -             -1.00000E-03  2.35722E-01
-            -2.00000E-03  1.42482E-01 -             -2.00000E-03  1.70079E-01
-            -5.00000E-03  8.65818E-02 -             -5.00000E-03  1.04653E-01
```

3.9.5 Opérande GRAPHIQUE

```
◊    GRAPHIQUE   = / ('P-Q','EPS_AXI-Q','EPS_VOL-Q',
                       'EPS_AXI-EPS_VOL','P-EPS_VOL',
                           'EPSI-E'),              [DEFAUT]
                   / l_typgraph,                   [l_Kn]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur `ESSAI_TD` (§ 3.4.4), seule la liste des valeurs par défaut diffère, les graphiques disponibles pour cet essai sont :

-'`P-Q`': déviateur de contraintes en fonction de la pression moyenne.
-'`EPS_AXI-Q`': déviateur de contraintes en fonction de la déformaton axiale.
-'`EPS_VOL-Q`': déviateur de contraintes en fonction de la déformation volumique.
-'`EPS_AXI-EPS_VOL`': déformation volumique en fonction de la déformation axiale.
-'`P-EPS_VOL`': déformation volumique en fonction de la pression.

– 'EPSI-E': Evo lution du module d'Young en fonction de la déformation axiale imposée : EPSI_IMPOSE .

Remarque : Pour cet essai, le graphique '_EPSI_-E'_a pour abscisse $\varepsilon_{a,impose}$

3.9.6 Opérande TABLE_REF

```
◊   TABLE_REF = l_tabref,            [l_table]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§ 3.4.5).

3.10 Mot clé ESSAI_OEDO_C

Ce mot-clé facteur (répétable) permet d'effectuer une série de simulations d'un même essai oedométrique drainé cyclique pour lesquelles on fait varier les paramètres de chargement (pression de consolidation isotrope initiale , amplitude de contrainte effective axiale imposée, et amplitude de contrainte effective axiale en fin de décharge), de post-traiter les résultats obtenus et de les écrire sous forme de graphiques (au format xmgrace) et/ou de tables.

3.10.1 Opérandes PRES_CONF, SIGM_IMPOSE, NB_CYCLE, NB_INST

```
♦   PRES_CONF   = l_pconf,           [l_R]
♦   SIGM_IMPOSE = l_sigimpo,         [l_R]
♦   SIGM_DECH = l_sigdech,           [l_R]
◊    NB_INST     = / 25,             [DEFAUT]
                   / nbinst,         [I]
```

Ces opérandes permettent de définir le chargement de chacune des simulations à exécuter sous le mot-clé facteur courant, ainsi que sa discrétisation. Leur signification est résumée à la figure 3.10.1-a et détaillée ci-dessous :

- PRES_CONF permet de définir la liste des pressions de consolidation initiales isotropes (strictement négatives) décrivant la consolidation initiale du sol.
- SIGM_IMPOSE permet de définir la liste des amplitudes (strictement négatives) de contrainte effective axiale du chargement imposé.
- SIGM_DECH permet de définir la liste des valeurs (strictement négatives) de la contrainte effective axiale à la fin de la décharge, fixée pour tous les cycles de chargement, à une pression de consolidation initiale donnée. Les listes PRES_CONF et SIGM_DECH doivent avoir le même cardinal.
- NB_INST permet de définir la discrétisation temporelle du chargement, et correspond au nombre de pas de chargement par moitié de cycle.

Pour chaque pression de consolidation initiale PRES_CONF, et chaque contrainte de décharge SIGM_DECH,on effectue autant de cycles qu'il y a d'éléments dans la liste SIGM_IMPOSE. Contrairement aux essais TD et TND (voir respectivement §8 et §11), ces listes ne sont pas en bijection et il y a au total $card(\mathrm{PRES_CONF})$ simulations exécutées, chaque simulation comportant $card(\mathrm{SIGM_IMPOSE})$ cycles.

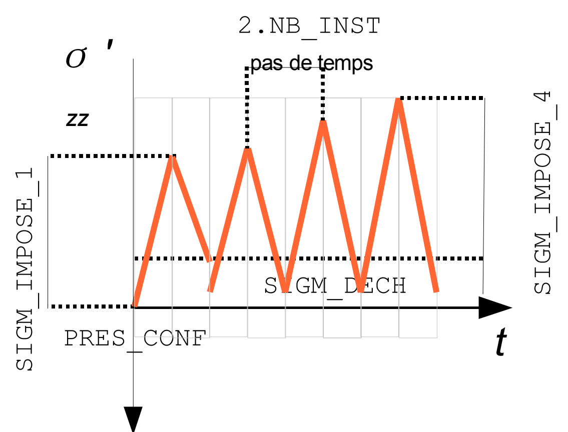


Figure 3.10.1-a : discrétisation et allure du chargement pour le mot-clé ESSAI_OEDO_C , pour 4 cycles

3.10.2 Opérande KZERO

```
◊   KZERO        = / 1.,                        [DEFAUT]
                   / kzero,                     [R]
```

Valeur du coefficient des terres au repos, permet de définir un état de confinement anisotrope : $\sigma_{xx}=\sigma_{yy}=K_0\ \sigma_{zz}=K_0\,\mathrm{PRES_CONF}$

3.10.3 Opérande TABLE_RESU

```
◊  TABLE_RESU = l_tabres ,        [l_CO]
```

Cet opérande facultatif permet de donner la liste des noms des concepts produits par la macro-commande qui seront alors de type [table] . La taille de cette liste doit vérifier :

$$card(\mathrm{TABLE_RESU}) = card(\mathrm{PRES_CONF})$$

En effet, chaque table produite regroupe les résultats bruts de la simulation exécutée pour une même pression de consolidation initiale (PRES_CONF) et une même valeur de contrainte en fin de décharge (SIGM_DECH), chaque cycle de cette simulation correspond à une valeur (SIGM_IMPOSE) .

```
TABRES1=CO('TRES1')
TABRES2=CO('TRES2')


CALC_ESSAI_GEOMECA(
   ...
    ESSAI_OEDO_C = _F( PRES_CONF   = (-1.E5,-2.E5,),
                       SIGM_IMPOSE = (-3.E5,-4.E5,-5.E5,),
                       SIGM_DECH   = (-2.E5,-3.E5,),
   ...
                  );
```

Le tableau ci-dessous précise pour cet exemple les résultats de simulations contenus dans les tables TABRES1 et TABRES2, ainsi que l'ordre dans lequel ces tables sont remplies.

SIGM_IMPOSE		-3.E5	-4.E5	-5.E5
PRES_CONF	SIGM_DECH			
-1.E5	-2.E5	TABRES1	TABRES1	TABRES1
-2.E5	-3.E5	TABRES2	TABRES2	TABRES2

On présente ci-dessous un extrait de la table TABRES2 contenant les résultats bruts des simulations exécutées pour le deuxième valeur de PRES_CONF, et de SIGM_DECH

```
#
#-------------------------------------------------------------------------------
#
# ESSAI_OEDO_C numero 1 / PRES_CONF = -2.000000E+05 / SIGM_DECH = -3.000000E+05
#
SIGM_IMPOSE_2 INST_2       EPS_VOL_2    P_2          SIG_AXI_2    SIG_LAT_2
-3.00000E+05  0.00000E+00  0.00000E+00 -2.00000E+05 -2.00000E+05 -2.00000E+05
-3.00000E+05  4.00000E-01 -7.39723E-05 -2.01077E+05 -2.12000E+05 -1.95616E+05
-3.00000E+05  8.00000E-01 -1.75678E-04 -2.02549E+05 -2.24000E+05 -1.91824E+05
-3.00000E+05  1.20000E+00 -3.18644E-04 -2.04590E+05 -2.36000E+05 -1.88885E+05
-3.00000E+05  1.60000E+00 -4.99908E-04 -2.07143E+05 -2.48000E+05 -1.86714E+05
-3.00000E+05  2.00000E+00 -7.15464E-04 -2.10149E+05 -2.60000E+05 -1.85224E+05
-3.00000E+05  2.40000E+00 -9.61164E-04 -2.13554E+05 -2.72000E+05 -1.84332E+05
-3.00000E+05  2.80000E+00 -1.23276E-03 -2.17306E+05 -2.84000E+05 -1.83959E+05
-3.00000E+05  3.20000E+00 -1.52656E-03 -2.21361E+05 -2.96000E+05 -1.84041E+05
-3.00000E+05  3.60000E+00 -1.83869E-03 -2.25674E+05 -3.08000E+05 -1.84511E+05
-3.00000E+05  4.00000E+00 -2.16608E-03 -2.30211E+05 -3.20000E+05 -1.85317E+05
 ...          ...          ...          ...           ...                ...
 ...          ...          ...          ...           ...                ...
 ...          ...          ...          ...           ...                ...
-3.00000E+05  2.00000E+01 -6.04300E-03 -2.76465E+05 -3.00000E+05 -2.64698E+05
-4.00000E+05  2.04000E+01 -6.11132E-03 -2.80404E+05 -3.16000E+05 -2.62606E+05
-4.00000E+05  2.08000E+01 -6.19529E-03 -2.81924E+05 -3.32000E+05 -2.56886E+05
-4.00000E+05  2.12000E+01 -6.28651E-03 -2.83575E+05 -3.48000E+05 -2.51363E+05
-4.00000E+05  2.16000E+01 -6.39457E-03 -2.85529E+05 -3.64000E+05 -2.46293E+05
-4.00000E+05  2.20000E+01 -6.51836E-03 -2.87762E+05 -3.80000E+05 -2.41643E+05
-4.00000E+05  2.24000E+01 -6.65666E-03 -2.90254E+05 -3.96000E+05 -2.37381E+05
-4.00000E+05  2.28000E+01 -6.80833E-03 -2.92984E+05 -4.12000E+05 -2.33476E+05
-4.00000E+05  2.32000E+01 -6.97209E-03 -2.95933E+05 -4.28000E+05 -2.29900E+05
 ...          ...          ...          ...           ...                ...
 ...          ...          ...          ...           ...                ...
 ...          ...          ...          ...           ...                ...
-4.00000E+05  3.96000E+01 -1.01176E-02 -3.27727E+05 -3.16000E+05 -3.33591E+05
-4.00000E+05  4.00000E+01 -9.76282E-03 -3.20137E+05 -3.00000E+05 -3.30206E+05
-5.00000E+05  4.04000E+01 -9.84598E-03 -3.24672E+05 -3.20000E+05 -3.27007E+05
-5.00000E+05  4.08000E+01 -9.94584E-03 -3.26579E+05 -3.40000E+05 -3.19868E+05
-5.00000E+05  4.12000E+01 -1.00631E-02 -3.28816E+05 -3.60000E+05 -3.13225E+05
-5.00000E+05  4.16000E+01 -1.02034E-02 -3.31485E+05 -3.80000E+05 -3.07228E+05
  ...          ...          ...          ...           ...                ...
```

3.10.4 Opérande GRAPHIQUE

```
◊   GRAPHIQUE = / ('P-EPS_VOL', 'SIG_AXI-EPS_VOL')   [DEFAUT]
                / l_typgraph,                         [l_Kn]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§ 3.4.4), seule la liste des valeurs par défaut diffère, les graphique disponibles pour cet essai sont :

-'P-EPS_VOL' : déformation volumique en fonction de la pression moyenne.
-'SIG_AXI-EPS_VOL' : déformation volumique en fonction de la contrainte axiale.

3.10.5 Opérande TABLE_REF

```
◊  TABLE_REF = l_tabref,             [l_table]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§3.4.5).

3.11 Mot clé ESSAI_ISOT_C

Ce mot-clé facteur (répétable) permet d'effectuer une série de simulations d'un même essai de compression isotrope drainée cyclique pour lesquelles on fait varier les paramètres de chargement (pression de consolidation isotrope initiale , amplitude de contrainte effective isotrope imposée, et amplitude de contrainte isotrope de décharge), de post-traiter les résultats obtenus et de les écrire sous forme de graphiques (au format xmgrace) et/ou de tables.

3.11.1 Opérandes PRES_CONF, SIGM_IMPOSE, NB_CYCLE, NB_INST

```
♦  PRES_CONF   = l_pconf,            [l_R]
♦  SIGM_IMPOSE = l_sigimpo,          [l_R]
♦  SIGM_DECH = l_sigdech,            [l_R]
◊   NB_INST     = / 25,              [DEFAUT]
                  / nbinst,          [I]
```

Ces opérandes permettent de définir le chargement de chacune des simulations à exécuter sous le mot-clé facteur courant, ainsi que sa discrétisation. Leur signification est résumée à la figure 3.9.1-a et détaillée ci-dessous :

- PRES_CONF permet de définir la liste des pressions de consolidation initiales isotropes (strictement négatives) décrivant la consolidation initiale du sol.
- SIGM_IMPOSE permet de définir la liste des amplitudes (strictement négatives) de contrainte effective isotrope imposée pour chaque cycle.
- SIGM_DECH permet de définir la liste des valeurs (strictement négatives) de la contrainte effective isotrope à la fin de la décharge, fixée pour tous les cycles de chargement, à une pression de consolidation initiale donnée. Les listes PRES_CONF et SIGM_DECH doivent avoir le même cardinal.
- NB_INST permet de définir la discrétisation temporelle du chargement, et correspond au nombre de pas de chargement par moitié de cycle.

Pour chaque pression de consolidation initiale PRES_CONF, et chaque contrainte de décharge SIGM_DECH, on effectue autant de cycles qu'il y a d'éléments dans la liste SIGM_IMPOSE. Contrairement aux essais TD et TND (voir respectivement §8 et §11), ces listes ne sont pas en bijection et il y a au total $card(\mathrm{PRES_CONF})$ simulations exécutées, chaque simulation comportant $card(\mathrm{SIGM_IMPOSE})$ cycle.

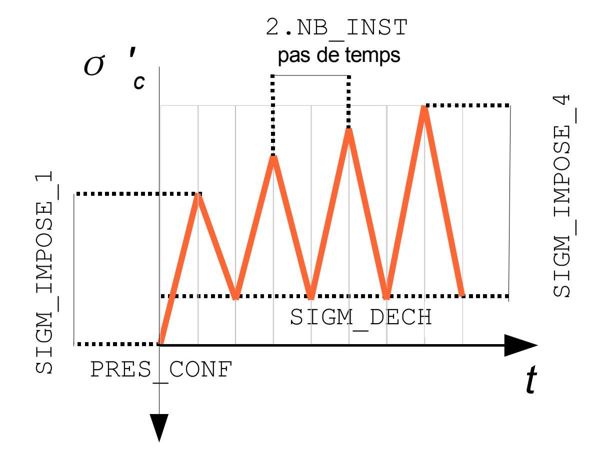


Figure 3.11.1-a: discrétisation et allure du chargement pour le mot-clé ESSAI_ISOT_C, pour 4 cycles

3.11.2 Opérande KZERO

```
◊   KZERO        = / 1.,                         [DEFAUT]
                     / kzero,                    [R]
```

Valeur du coefficient des terres au repos, permet de définir un état de confinement anisotrope : $\sigma_{xx}=\sigma_{yy}=K_0\ \sigma_{zz}=K_0\ \mathrm{PRES_CONF}$

Remarque : Lorsque la valeur de KZERO est renseignée différente de 1, la pression de confinement réelle de l'essai n'est plus PRES_CONF , elle devient :

$$P_c=\frac{(1+2.\mathrm{K}_0)\,\mathrm{PRES_CONF}}{3}$$

L'essai devient essai de compression anistrope.

3.11.3 Opérande TABLE_RESU

```
◊  TABLE_RESU = l_tabres ,        [l_CO]
```

Cet opérande facultatif permet de donner la liste des noms des concepts produits par la macro-commande qui seront alors de type [table] . La taille de cette liste doit vérifier :

$$card(\mathrm{TABLE_RESU})=card(\mathrm{PRES_CONF})$$

En effet, chaque table produite regroupe les résultats bruts de la simulation exécutée pour une même pression de consolidation initiale (PRES_CONF) et une même valeur de contrainte de décharge (SIGM_DECH), chaque cycle de cette simulation correspond à une valeur (SIGM_IMPOSE) .

```
TABRES1=CO('TRES1')
TABRES2=CO('TRES2')


CALC_ESSAI_GEOMECA(
    ...
     ESSAI_ISOT_C = _F( PRES_CONF   = (-1.E5,-2.E5,),
                   SIGM_IMPOSE = (-3.E5,-4.E5,-5.E5,),
                   SIGM_DECH   = (-3.E5,-4.E5,),

    ...
                     );
```

Le tableau ci-dessous précise pour cet exemple les résultats de simulations contenus dans les tables TABRES1 et TABRES2, ainsi que l'ordre dans lequel ces tables sont remplies.

SIGM_IMPOSE ®		-3.E5	-4.E5	-5.E5
PRES_CONF ¯	SIGM_DECH ¯			
-1.E5	-3.E5	TABRES1	TABRES1	TABRES1
-2.E5	-4.E5	TABRES2	TABRES2	TABRES2

On présente ci-dessous un extrait de la table TABRES2 contenant les résultats bruts des simulations exécutées pour la deuxième valeur de PRES_CONF et de SIGM_DECH.

```
#
#-------------------------------------------------------------------------------
#
# ESSAI_ISOT_C numero 1 / PRES_CONF = -2.000000E+05 / SIGM_DECH = -4.000000E+05
#
SIGM_IMPOSE_2 INST_2       EPS_VOL_2    P_2          Q_2
-3.00000E+05  0.00000E+00  0.00000E+00 -2.00000E+05  0.00000E+00
-3.00000E+05  4.00000E-01 -8.18931E-04 -2.12000E+05  5.82077E-11
-3.00000E+05  8.00000E-01 -1.62624E-03 -2.24000E+05  5.82077E-11
-3.00000E+05  1.20000E+00 -2.42215E-03 -2.36000E+05  1.16415E-10
-3.00000E+05  1.60000E+00 -3.20689E-03 -2.48000E+05  5.82077E-11
-3.00000E+05  2.00000E+00 -3.98066E-03 -2.60000E+05  2.91038E-11
-3.00000E+05  2.40000E+00 -4.74370E-03 -2.72000E+05  5.82077E-11
-3.00000E+05  2.80000E+00 -5.49620E-03 -2.84000E+05  1.16415E-10
-3.00000E+05  3.20000E+00 -6.23839E-03 -2.96000E+05  4.07454E-10
-3.00000E+05  3.60000E+00 -6.97045E-03 -3.08000E+05  5.82077E-11
-3.00000E+05  4.00000E+00 -7.69262E-03 -3.20000E+05  0.00000E+00
 ...           ...          ...          ...           ...
 ...           ...          ...          ...           ...
 ...           ...          ...          ...           ...
-3.00000E+05  1.96000E+01 -1.32148E-02 -4.04000E+05  1.16415E-10
-3.00000E+05  2.00000E+01 -1.30199E-02 -4.00000E+05  5.82077E-11
-4.00000E+05  2.04000E+01 -1.36315E-02 -4.16000E+05  1.74623E-10
-4.00000E+05  2.08000E+01 -1.43845E-02 -4.32000E+05  2.32831E-10
-4.00000E+05  2.12000E+01 -1.51269E-02 -4.48000E+05  1.74623E-10
...          ...          ...          ...          ...
...          ...          ...          ...          ...
...          ...          ...          ...          ...
-4.00000E+05  4.00000E+01 -1.42415E-02 -4.00000E+05  5.82077E-11
-5.00000E+05  4.04000E+01 -1.50378E-02 -4.20000E+05  1.74623E-10
-5.00000E+05  4.08000E+01 -1.59739E-02 -4.40000E+05  5.82077E-11
-5.00000E+05  4.12000E+01 -1.68935E-02 -4.60000E+05  5.82077E-11
  ...           ...          ...          ...           ...
```

3.11.4 Opérande GRAPHIQUE

```
◊   GRAPHIQUE = / ('P-EPS_VOL')            [DEFAUT]
                / l_typgraph,              [l_Kn]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§ 3.4.4), seule la liste des valeurs par défaut diffère,le graphique disponible pour cet essai est :
- 'P-EPS_VOL': la déformation volumique en fonction de la pression moyenne.

3.11.5 Opérande TABLE_REF

```
◊  TABLE_REF = l_tabref,            [l_table]
```

Cet opérande a la même signification que pour le mot-clé facteur ESSAI_TD (§3.4.5).